

Отчет об отслеживании мирового объема факельного сжигания попутного газа

ИЮНЬ 2024 Г.



© 2024 г. Международный банк реконструкции и развития
/ Всемирный банк
1818 H Street NW
Washington DC 20433 (США)
Телефон: +1 202 473 1000
Сайт: www.worldbank.org

Настоящий документ подготовлен сотрудниками
Всемирного банка с использованием материалов из
внешних источников. Содержащиеся в нем выводы,
толкования и заключения могут не отражать мнения
Всемирного банка, его Совета директоров или
правительств представляемых ими стран.
Всемирный банк не гарантирует точность, полноту или
актуальность данных, приведенных в настоящей
публикации, и не берет на себя ответственность за любые
ошибки, упущения или расхождения в информации, а
также ответственность в отношении использования или
неиспользования приведенных данных, методов,
процессов или выводов. Границы, цвета, названия и иная
информация, указанная на картах, содержащихся в
настоящем документе, не является выражением мнения
Всемирного банка относительно правового статуса какой-
либо территории или поддержки или признания таких
границ.
Ничто в настоящем документе не является ограничением
или отказом от привилегий и иммунитетов Всемирного
банка (которые в полном объеме особо сохраняются за
Банком) и не должно толковаться или рассматриваться как
такое.

Права и разрешения

Материалы, содержащиеся в настоящей публикации,
защищены авторским правом.
Поскольку Всемирный банк поощряет распространение
своих знаний, настоящий документ может быть полностью
или частично воспроизведен в некоммерческих целях при
условии указания полного авторства на настоящую
публикацию.

Любые вопросы, касающиеся прав и разрешений, включая
субсидиарные права, следует направлять по адресу:

World Bank Publications,
The World Bank Group,
1818 H Street NW,
Washington, DC 20433,
USA (США)

Факс: +1 202 522 2625;

Электронная почта: pubrights@worldbank.org.

Фотография на обложке: [eleonimages / Shutterstock](#)

Используется с разрешения правообладателя.

Для дальнейшего использования необходимо
дополнительное разрешение.

Содержание

Предисловие

Выражение благодарности

Сокращения

Основные выводы

Мировая отрасль

Обзор по странам

Исламская Республика Иран и Ливия

Россия

США

Алжир

Боливарианская Республика Венесуэла
Индекс интенсивности факельного сжигания для импорта
углеводородов

Неиспользованный потенциал: выбросы метана при факельном
сжигании попутного газа

Пример из практики — использование спутниковых данных для
обнаружения негорящих факелов

Заключительные комментарии

Приложение А: Методология

Рисунки

- Рис. 1 Масштабы факельного сжигания в топ-30 стран по объемам факельного сжигания, в порядке убывания уровня в 2023 г., с указанием топ-9 стран по объемам факельного сжигания, 2019—2023 гг.
- Рис. 2 Интенсивность факельного сжигания в топ-30 стран по объемам факельного сжигания, 2019—2023 гг., с указанием топ-9 стран по объемам факельного сжигания
- Рис. 3 Мировой объем факельного сжигания на нефтегазодобывающих объектах и интенсивность сжигания, 1996—2023 гг.
- Рис. 4 Мировой объем факельного сжигания на нефтегазодобывающих объектах и добыча нефти, 1996—2023 гг.
- Рис. 5 Масштабы факельного сжигания в топ-30 стран по объемам факельного сжигания (в порядке убывания уровня в 2023 г.)
- Рис. 6 Интенсивность факельного сжигания в топ-30 стран по объемам факельного сжигания, 2019—2023 гг.
- Рис. 7 Динамика объемов факельного сжигания в странах со значительными масштабами сжигания, а также в других странах мира, 2022—2023 гг.
- Рис. 8 Объемы и интенсивность факельного сжигания в Иране, 2019—2023 гг.
- Рис. 9 Объемы и интенсивность факельного сжигания в Ливии, 2019—2023 гг.
- Рис. 10 Объемы и интенсивность факельного сжигания в России, 2019—2023 гг.
- Рис. 11 Объемы факельного сжигания в России по регионам, 2021—2023 гг.
- Рис. 12 Объемы и интенсивность факельного сжигания в США, 2019—2023 гг.
- Рис. 13 Объемы факельного сжигания на месторождениях формаций Игл-Форд и Баккен, Пермского бассейна, а также на остальной территории США
- Рис. 14 Интенсивность факельного сжигания на месторождениях формаций Игл-Форд и Баккен, Пермского бассейна, а также на остальной территории США
- Рис. 15 Ежемесячные объемы и интенсивность факельного сжигания в США на месторождениях Пермского бассейна, 2023 г.
- Рис. 16 Объемы и интенсивность факельного сжигания в Алжире, 2019—2023 гг.
- Рис. 17 Динамика объемов факельного сжигания на месторождении Хасси-Мессауд и на остальной территории Алжира, 2020—2023 гг.
- Рис. 18 Объемы и интенсивность факельного сжигания в Венесуэле, 2019—2023 гг.
- Рис. 19 Динамика объемов факельного сжигания в штате Монагас и на остальной территории Венесуэлы, 2022—2023 гг.
- Рис. 20 Индекс интенсивности факельного сжигания для импорта углеводородов в странах — участницах РКИК ООН, включенных в приложение 1, данные в разбивке по странам происхождения
- Рис. 21 Интенсивность факельного сжигания для импорта углеводородов в сравнении с объемами импорта сырой нефти в странах, импортирующих более 250 тыс. барр. в сутки
- Рис. 22 Динамика индекса интенсивности факельного сжигания для импорта углеводородов для стран — участниц РКИК ООН, включенных в приложение 1, 2022—2023 гг.
- Рис. 23. Выбросы парниковых газов от факельного сжигания 148 млрд м³ газа в 2023 г. по сравнению с традиционным предположением о 98%-ном сгорании в ряде сценариев эффективного сжигания
- Рис. 24. Спутниковый снимок высокого разрешения неназванного объекта с горящим факелом в Центральной Азии
- Рис. 25. Обнаружение выбросов метана на объекте с сосредоточением вокруг места расположения факельного ствола
- Рис. 26. Временные ряды, построенные на основе данных о случаях факельного сжигания, выявленных с помощью прибора VIIRS на объекте, с привязкой к данным о случаях факельного сжигания, выявленных с помощью спутников Sentinel-2 и Landsat 8/9
- Рис. 27. Один из многочисленных шлейфов метана на выходе факельного ствола, обнаруженный 25 ноября 2022 г. спутником Sentinel-2
- Рис. 28. Временные ряды, построенные на основе данных о случаях факельного сжигания, выявленных с помощью прибора VIIRS на объекте, с привязкой к данным о случаях факельного сжигания и выбросов метана, выявленных с помощью спутников Sentinel-2 и Landsat 8/9
- Рис. 29. Мировой объем факельного сжигания на нефтегазодобывающих объектах и интенсивность сжигания, 2012—2023 гг.
- Рис. 30. Масштабы факельного сжигания в топ-30 стран по объемам факельного сжигания, в порядке убывания уровня в 2023 г., с указанием топ-9 стран по объемам факельного сжигания, 2019—2023 гг.
- Рис. 31. Интенсивность факельного сжигания в топ-30 стран по объемам факельного сжигания, 2019—2023 гг., с указанием топ-9 стран по объемам факельного сжигания



Предисловие

Отчет Всемирного банка об отслеживании мирового объема факельного сжигания попутного газа представляет собой единственный независимый источник данных о факельном сжигании газа в мировом масштабе. Ежегодно выявляемые нами тенденции используются правительствами стран, нефтегазовыми компаниями, представителями гражданского общества и международными организациями в качестве ориентира, помогая им лучше понять глобальную ситуацию с факельным сжиганием попутного газа.

После долгожданного сокращения в 2022 г. мировые объемы сжигания попутного газа выросли в 2023 г. на 7%, составив, по оценкам, 148 млрд куб. м — уровень, который в последний раз наблюдался в 2019 г. Учитывая, что на выполнение целей инициативы Всемирного банка по достижению нулевого рутинного сжигания попутного нефтяного газа (ПНГ) к 2030 г. осталось всего шесть лет, мировому сообществу необходимо резко нарастить усилия по сокращению масштабов факельного сжигания попутного газа.

В этом году наш отчет выходит на фоне глобального ощущения неотложности этой задачи. В конце прошлого года на Конференции ООН по изменению климата 2023 г. (COP28) была снова подчеркнута важность ухода от неограниченного потребления нефти и газа. В то же время нефть и газ будут и далее играть существенную роль в мировой энергетической системе как минимум до 2050 г. Как следствие, операторы добычи должны взять на себя ответственность за обеспечение максимально экологичной добычи этих энергоресурсов на период энергетического перехода.

Очевидно, что практика рутинного факельного сжигания попутного газа также по-прежнему говорит об упущенной возможности обеспечить населению по всему миру столь необходимую энергетическую безопасность и более экологичный источник энергии. Подобная стандартная практика добычи нефти практически без учета возможностей потенциального использования попутного газа не только приводит к загрязнению

окружающей среды, но и является примером крайней расточительности.

Для поддержки стран с наименьшим количеством ресурсов и мощностей для решения проблемы выбросов парниковых газов в нефтегазодобывающей отрасли Всемирный банк сформировал Глобальное партнерство по сокращению объемов сжигания попутного газа на факельных установках и снижению объемов выбросов метана (партнерство GFMR). Партнерство GFMR использует наработки Глобального партнерства по сокращению объемов сжигания попутного газа на факельных установках, расширяя масштабы деятельности, которая теперь включает оказание поддержки усилиям по сокращению объемов факельного сжигания газа и выбросов метана в рамках всей производственно-сбытовой цепочки нефтегазодобывающей отрасли.

Мы призываем всех производителей нефти и газа тщательно оценить свои методы добычи этих энергоресурсов, а также заняться выявлением и использованием возможностей для эффективного и долгосрочного сокращения масштабов факельного сжигания. Мы надеемся, что правительства стран и операторы добычи по всему миру будут использовать приведенные в настоящем отчете данные и аналитику не только для оценки объемов сжигаемого газа, но и в качестве основы для реализации эффективных мер регулирования и инвестиций с целью существенного и устойчивого сокращения мировых объемов факельного сжигания попутного газа.



Зубин Бамджи

Руководитель программ

Глобального партнерства по сокращению объемов сжигания попутного газа на факельных установках и снижению объемов выбросов метана (партнерство GFMR),

глобальная практика по ТЭК и добывающей промышленности
Всемирного банка

Выражение благодарности

Настоящий отчет подготовлен группой специалистов Всемирного банка под руководством Роберта ван дер Геста (старший специалист по газу в GFMR, глобальная практика по ТЭК и добывающей промышленности) и Александрины Платоновой-Окуаб (старший специалист по энергоресурсам в GFMR, глобальная практика по ТЭК и добывающей промышленности). Основными авторами настоящего отчета являются Дебби Уокер и Мартин Хауэллс (технические советники в GFMR, глобальная практика по ТЭК и добывающей промышленности) при участии Винита Тьяги (консультант GFMR, глобальная практика по ТЭК и добывающей промышленности).

Работа была проведена под общим руководством Зубина Бамджи (руководитель программ GFMR, глобальная практика по ТЭК и добывающей промышленности) и Деметриоса Папатанасиу (директор глобальной практики по ТЭК и добывающей промышленности Всемирного банка). Огромную помощь авторскому коллективу оказали следующие специалисты, предоставившие в рамках экспертных оценок настоящей публикации свои комментарии и рекомендации: Рахул Китчлу (руководитель практики по операционной адаптации к изменению климата и его воздействию Всемирного банка), Брайан Кристофер Лэнд (консультант, глобальная практика по ТЭК и добывающей промышленности Всемирного банка) и Мартин Освальд (старший специалист по газу в GFMR, глобальная практика по ТЭК и добывающей промышленности Всемирного банка). Авторы также признательны Иву Ле Бейлю (советник GFMR, глобальная практика по ТЭК и добывающей промышленности Всемирного банка) и Масами Кодзиме (консультант, глобальная практика по ТЭК и добывающей промышленности Всемирного банка) за значительный вклад, внесенный ими в подготовку отчета, а также Адаму Полларду (руководитель отдела внешних связей GFMR, глобальная практика по ТЭК и добывающей промышленности Всемирного банка) за существенную помощь с его стороны. Помощь в составлении настоящего отчета также оказали партнеры GFMR. Подготовка этого

отчета стала возможной благодаря давнему сотрудничеству с командой экспертов во главе с Кристофером Элвиджем из Группы наблюдения за Землей Института Пейна по государственной политике при Колорадской горной школе, при поддержке его коллег, Михаила Жижина и Тамары Спаркс.

Технический анализ, приведенный в отчете, опирается на спутниковые данные об обнаружении выбросов метана, полученные из баз данных Carbon Mapper, Kayros SAS, системы оповещения и реагирования на выбросы метана (MARS) Международной обсерватории выбросов метана (IMEO) ЮНЕП, а также данные по добыче нефти и газа Управления по информации в сфере энергетики при министерстве энергетики США.

Авторский коллектив выражает благодарность Ициару Иракулису Лойтксате и Синтии Рэндлс (система оповещения и реагирования на выбросы метана (MARS) Международной обсерватории выбросов метана (IMEO) ЮНЕП), Кристоферу Элвиджу, Михаилу Жижину и Тамаре Спарк, Антуану Бенуа и Квентину Пейле (Kayros SAS), а также Илзе Абен и Брамму Маасаккерсу (Нидерландский институт космических исследований) за обратную связь в отношении представленного в отчете инновационного подхода к выявлению случаев использования негорящих факелов и отнесения к ним выбросов метана.

Редактированием отчета занималась Хилари Гилфорд. Финансирование для настоящего проекта было предоставлено партнерством GFMR, а также Всемирным банком.

Сокращения

барр.	баррелей (добытой нефти)
млрд м³	миллиард кубических метров (газа, сожженного на факельных установках)
ТУР	механизм трансграничного углеродного регулирования
СОР28	28-я Конференция сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата
EIA	Управление по информации в сфере энергетики при министерстве энергетики США
GFMR	Глобальное партнерство по сокращению объемов сжигания попутного газа на факельных установках и снижению объемов выбросов метана
ПГ	парниковые газы
Индекс IFG	Индекс интенсивности факельного сжигания для импорта углеводородов
IMEO	Международная обсерватория выбросов метана
м³/барр.	кубические метры (газа, сожженного на факельных установках) на баррель (добытой нефти)
MARS	система оповещения и реагирования на выбросы метана
млн барр./сут.	миллион баррелей нефти в сутки
млн тонн CO₂-экв.	миллион тонн эквивалента диоксида углерода
NOAA	Национальное управление океанических и атмосферных исследований США
VIIRS	мультиспектральный радиометр, работающий в инфракрасном и видимом диапазонах

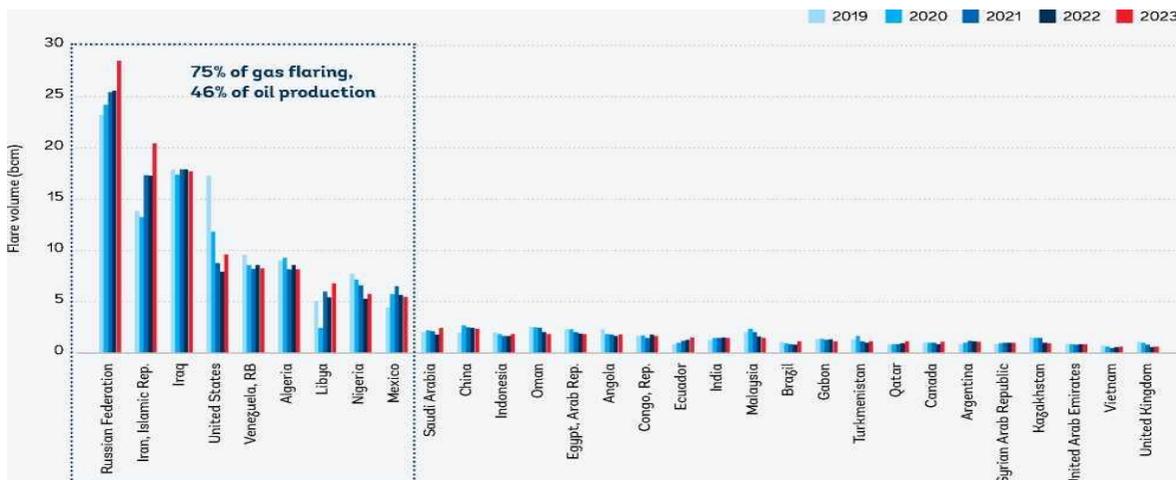
Отчет об отслеживании мирового объема
факельного сжигания попутного газа



Основные выводы

- В 2023 г. мировой объем факельного сжигания газа на нефтегазодобывающих объектах увеличился на 9 млрд куб. м (млрд м³), с 139 млрд м³ в 2022 г. до 148 млрд м³ (на 7%). При этом объемы нефтедобычи выросли всего на 1%, что привело к увеличению среднемировой интенсивности факельного сжигания (т. е. количества сжигаемого газа на баррель добытой нефти) на 5%. При текущей цене на природный газ потенциальная рыночная стоимость общего объема газа, сожженного на факеле в 2023 г., могла бы составить от 9 до 48 млрд долл. США¹. Отказ от факельного сжигания газа мог бы предотвратить выбросы в объеме как минимум 381 млн тонн эквивалента диоксида углерода в атмосферу ежегодно.
- Указанное увеличение свидетельствует о развороте тенденции к снижению объемов факельного сжигания газа, наблюдавшейся в 2021—2022 гг., в результате чего был зафиксирован самый высокий показатель интенсивности сжигания за последние пять лет. Это говорит о неустойчивости результатов глобальных усилий по сокращению факельного сжигания ПНГ и о необходимости срочных мер для достижения цели нулевого рутинного сжигания ПНГ к 2030 г.
- Значительное сокращение масштабов и интенсивности факельного сжигания попутного газа достижимо при условии формирования эффективных партнерств и разработки решений по монетизации добываемого попутного газа. В прошлогоднем отчете мы обсуждали значительные успехи, достигнутые в этой области в таких странах, как США и Ангола; в этом году мы отмечаем устойчивые улучшения в Алжире и Венесуэле. Тем не менее увеличение объемов факельного сжигания газа в 2023 г. в значительной степени перевесило эффект этой положительной динамики.
- В 2023 г. Российская Федерация, Исламская Республика Иран, Ирак, США, Боливарианская Республика Венесуэла, Алжир, Ливия, Нигерия и Мексика оставались в числе топ-9 стран по объемам факельного сжигания. В совокупности на эти девять стран приходится 75% мирового объема факельного сжигания газа, в то время как добыча нефти в этих странах составляла всего 46% от мирового объема (рис. 1).

Рис. 1. Масштабы факельного сжигания в топ-30 стран по объемам факельного сжигания, в порядке убывания уровня в 2023 г., с указанием топ-9 стран по объемам факельного сжигания, 2019—2023 гг.

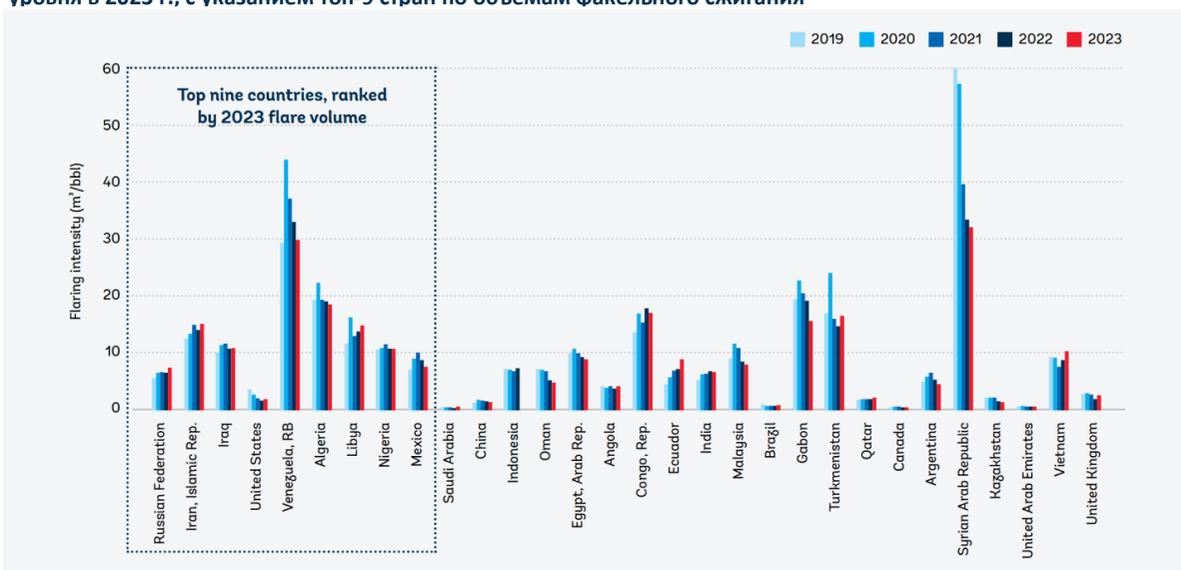


Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, Национальное управление океанических и атмосферных исследований (NOAA), Всемирный банк. Примечание: млрд м³ = миллиард кубических метров.

Flare volume (bcm)	Объем факельного сжигания (млрд м ³)	Angola	Ангола
		Congo, Rep.	Республика Конго
Russian Federation	РФ	Ecuador	Эквадор
Iran, Islamic Rep.	Иран	India	Индия
Iraq	Ирак	Malaysia	Малайзия
United States	США	Brazil	Бразилия
Venezuela, RB	Венесуэла	Gabon	Габон
Algeria	Алжир	Turkmenistan	Туркменистан
Libya	Ливия	Qatar	Катар
Nigeria	Нигерия	Canada	Канада
Mexico	Мексика	Argentina	Аргентина
Saudi Arabia	Саудовская Аравия	Syrian Arab Republic	Сирия
China	Китай	Kazakhstan	Казахстан
Indonesia	Индонезия	Vietnam	Вьетнам
Oman	Оман	United Arab Emirates	ОАЭ
Egypt, Arab Rep.	Египет	United Kingdom	Великобритания

¹ Исходя из того, что сжигаемый на факелах газ имеет более высокую теплотворную способность (1 020 британских термических единиц на стандартный кубический фут (БТЕ/ст. куб. фут)), что 1 кубический метр равен 35,315 стандартных кубических футов и что диапазон цен на извлеченный газ достигнет уровня, определяемого спотовой ценой природного газа на Henry Hub (1,65 долл. США за млн БТЕ) и импортной ценой природного газа в Европейском союзе (9,085 долл. США за млн БТЕ) (обе цены указаны на апрель 2024 г.).

Рис. 2. Интенсивность факельного сжигания в топ-30 стран по объемам факельного сжигания в 2019—2023 гг., в порядке убывания уровня в 2023 г., с указанием топ-9 стран по объемам факельного сжигания



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, EIA, Всемирный банк.

Примечание: м³/барр. = кубические метры на баррель.

Flaring intensity (m³/bbl)	Интенсивность факельного сжигания (м³/барр.)
Top nine countries, ranked by 2023 flare volume	Топ-9 стран по объему факельного сжигания в 2023 г.
Russian Federation	РФ
Iran, Islamic Rep.	Иран
Iraq	Ирак
United States	США
Venezuela, RB	Венесуэла
Algeria	Алжир
Libya	Ливия
Nigeria	Нигерия
Mexico	Мексика
Saudi Arabia	Саудовская Аравия
China	Китай
Indonesia	Индонезия
Oman	Оман
Egypt, Arab Rep.	Египет
Angola	Ангола
Congo, Rep.	Республика Конго
Ecuador	Эквадор
India	Индия
Malaysia	Малайзия
Brazil	Бразилия
Gabon	Габон
Turkmenistan	Туркменистан
Qatar	Катар
Canada	Канада
Argentina	Аргентина
Syrian Arab Republic	Сирия
Kazakhstan	Казахстан
Vietnam	Вьетнам
United Arab Emirates	ОАЭ
United Kingdom	Великобритания

- **Наибольший прирост объемов факельного сжигания в 2023 г. наблюдался в четырех из топ-9 стран по объемам факельного сжигания — Исламской Республике Иран, России, США и Ливии, на долю которых в совокупности пришлось 9 млрд м³ дополнительных объемов факельного сжигания.** Помимо увеличения масштабов факельного сжигания, в этих странах также наблюдался рост интенсивности факельного сжигания.
- **В России, остающейся мировым лидером по объемам факельного сжигания газа, объемы сжигания выросли на 11%. В США, Исламской Республике Иран и Ливии объемы факельного сжигания увеличились на 21, 19 и 25% соответственно.** Показатели интенсивности факельного сжигания в этих странах весьма разнятся (рис. 2), что отражает различия в характерных для соответствующих бассейнов показателях газового фактора, а также разные уровни достигнутых коэффициентов полезного использования ПНГ. При этом, поскольку на Россию и США приходится значительная доля мировой добычи нефти, колебания уровня интенсивности факельного сжигания в этих странах оказывают заметное влияние на общемировые показатели.
- В Исламской Республике Иран и Ливии рост масштабов факельного сжигания был напрямую связан с увеличением добычи нефти на фоне недостатка инвестиций в извлечение и использование ПНГ при недостаточной приоритизации этого направления. Такая ситуация привела к увеличению совокупных объемов рутинного факельного сжигания газа в этих двух странах на 4,6 млрд м³, что дополнительно усложняет достижение цели нулевого рутинного сжигания ПНГ во всем мире к 2030 г. В обеих указанных странах интенсивность факельного сжигания увеличилась на 8%.
- В России, несмотря на сокращение добычи нефти, объемы факельного сжигания увеличились во всех нефтедобывающих регионах, что привело к росту интенсивности факельного сжигания на 13%. Это, по всей вероятности, является следствием ухудшения состояния нефтегазовой инфраструктуры из-за ограниченной доступности оборудования на фоне дальнейшей добычи нефти в отсутствие необходимых инвестиций в инфраструктуру для извлечения и использования ПНГ.

- В США увеличение объемов и интенсивности факельного сжигания наблюдается преимущественно в регионах сланцевой добычи на месторождениях формации Игл-Форд и Пермского бассейна. В Пермском бассейне такой рост был вызван нагрузкой на энергетические системы на фоне аномально жаркой погоды, продолжающихся работ по техническому обслуживанию и проблем с надежностью объектов инфраструктуры для хранения и транспортировки. Это привело к повышению общего показателя интенсивности факельного сжигания в США на 11%, при том что США продолжают демонстрировать один из самых низких уровней интенсивности факельного сжигания в мире. Увеличение объемов факельного сжигания в 2023 г. свидетельствует о важности комплексного подхода к управлению добычей нефти и попутного нефтяного газа. В периоды сокращения операционных мощностей инфраструктуры сбора и транспортировки газа объемы нерегулярного факельного сжигания могут резко возрастать.
- В Алжире и Боливарианской Республике Венесуэла достигнуты многообещающие результаты в сокращении масштабов факельного сжигания. В Алжире объем факельного сжигания сократился на 5%, а его интенсивность — на 3%. В Боливарианской Республике Венесуэла объем факельного сжигания снизился на 4%, а его интенсивность — на 10%. Эти результаты отражают усилия национальных нефтяных компаний по реализации проектов извлечения попутного газа, хотя Боливарианская Республика Венесуэла по-прежнему входит в число стран с самой высокой в мире интенсивностью факельного сжигания.
- Измерения на основе традиционного подхода к оценке выбросов парниковых газов (ПГ) показывают, что выбросы в результате факельного сжигания 148 млрд м³ газа в 2023 г. составили 381 млн тонн CO₂-эквивалента (млн т CO₂-экв.), в том числе 45 млн т CO₂-экв. в виде несгоревшего метана. Однако, с учетом вероятности того, что факелы работают неэффективно или не горят, стравливая газ в атмосферу, реальные показатели эффективности сжигания газа могут быть ниже оценок, сделанных на основе традиционного подхода, и показатели выбросов метана будут значительно выше. Если реальные показатели эффективности сжигания газа на факелах ниже на целых 4% (94%), то выбросы метана при факельном сжигании втрое превышают оценки на основе традиционного подхода.
- Индекс интенсивности факельного сжигания для импорта углеводородов — средневзвешенное значение интенсивности факельного сжигания при добыче нефти, импортируемой из различных источников в определенную страну, — показывает, что в ряде европейских стран сохраняется риск высокой интенсивности факельного сжигания в цепочке импорта сырой нефти. Данный показатель также может использоваться правительствами и операторами добычи в странах — экспортерах нефти и газа для получения представления о возможных последствиях введения формирующихся механизмов трансграничного

углеродного регулирования и инициатив по обеспечению прозрачности выбросов, в частности недавно принятого закона ЕС о метане и механизма трансграничного углеродного регулирования (ТУР) в ЕС.

- **Всемирный банк разработал новый подход к выявлению случаев использования негорящих факелов и отнесения к ним выбросов метана. В настоящем отчете приведен пример из практики, иллюстрирующий его применение.** После доработки этот подход может быть использован для оценки степени распространенности практики использования негорящих факелов в мире и раннего предупреждения операторов о возможном использовании негорящих факелов.



Мировая отрасль

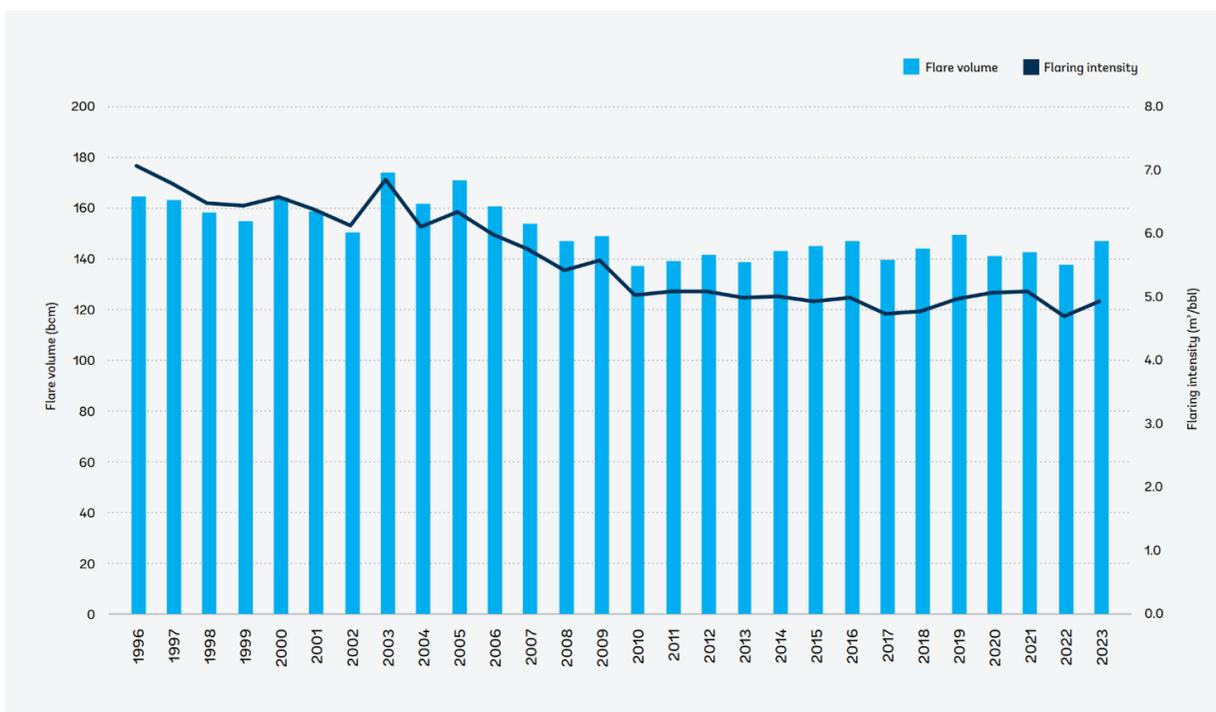
Пояснительная информация к оценкам объемов факельного сжигания.

В рамках совместного проекта Всемирного банка и Колорадской горной школы объемы факельного сжигания газа на отдельных нефтегазодобывающих объектах по всему миру рассчитываются на основе данных, полученных с помощью алгоритма Nightfire прибора VIIRS — мультиспектрального радиометра, установленного на спутнике и работающего в инфракрасном и видимом диапазонах. На протяжении нескольких лет наши организации вели совместную разработку передовых алгоритмов, позволяющих отличать газовые факелы от других источников тепла и оценивать объемы факельного сжигания с учетом атмосферных условий, таких как облачный покров. Дополнительные сведения о методологии исследования приведены в Приложении А.

Согласно оценкам на основе спутниковых данных, совокупный объем факельного сжигания газа на нефтегазодобывающих объектах² увеличился с 139 млрд куб. метров (млрд м³) в 2022 г. до 148 млрд м³ в 2023 г. (рис. 3), то есть на 9 млрд м³ (7%). Это более чем нивелировало снижение объемов факельного сжигания, наблюдавшееся в 2021—2022 гг., в результате чего был зафиксирован самый высокий показатель объема сжигания за последние пять лет.

В то же время мировая добыча нефти выросла всего на 1% — с 80,4 млн баррелей в сутки (млн барр./сут.) в 2022 г. до 81,6 млн барр./сут. в 2023 г. (рис. 4). В результате интенсивность факельного сжигания (т. е. количество сжигаемого газа на баррель добытой нефти) во всем мире увеличилась на 5% — с 4,7 куб. м на баррель (м³/барр.) в 2022 г. до 5,0 м³/барр. в 2023 г.

Рис. 3. Мировой объем факельного сжигания на нефтегазодобывающих объектах и интенсивность сжигания, 1996—2023 гг.

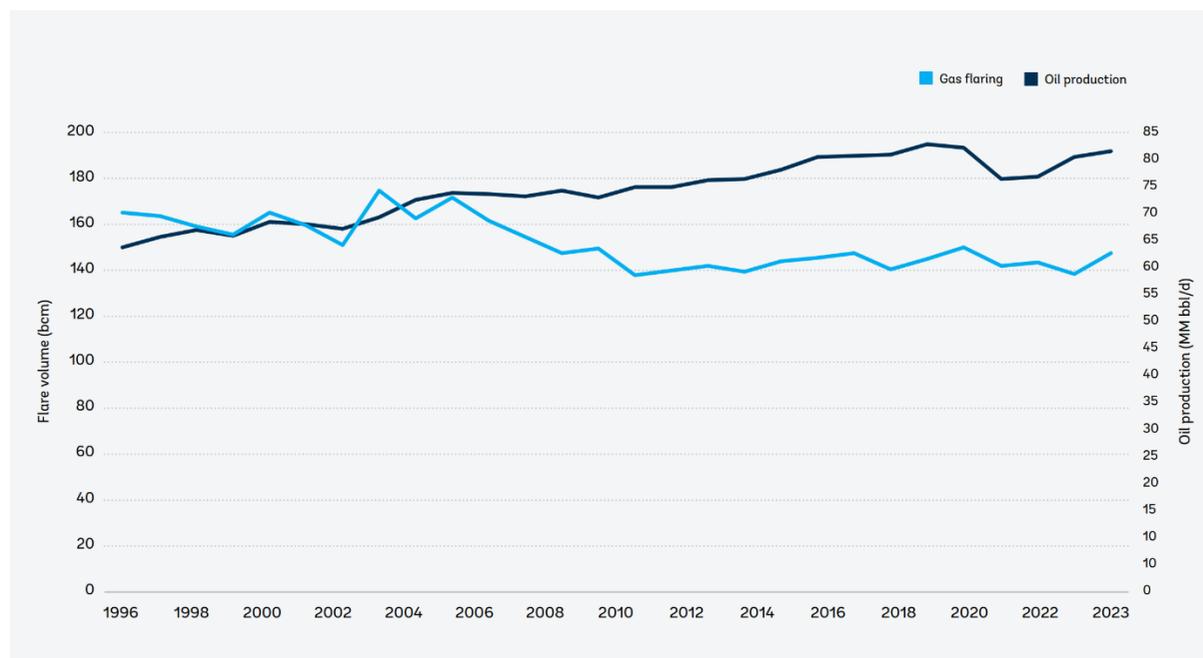


Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, EIA, Всемирный банк.

Примечание: млрд м³ = миллиард кубических метров; млн барр./сут. = миллион баррелей нефти в сутки.

Flare volume (bcm)	Объем факельного сжигания (млрд м ³)
Flare volume	Объем факельного сжигания
Flaring intensity	Интенсивность факельного сжигания
Flaring intensity (m³/bbl)	Интенсивность факельного сжигания (м ³ /барр.)

Рис. 4. Мировые объемы факельного сжигания ПНГ и добычи нефти, 1996—2023 гг.



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, EIA, Всемирный банк.

Flare volume (bcm)	Объем факельного сжигания (млрд м ³)
Gas flaring	Факельное сжигание газа
Oil production	Добыча нефти
Oil production (MM bbl/d)	Добыча нефти (млн барр./сут.)

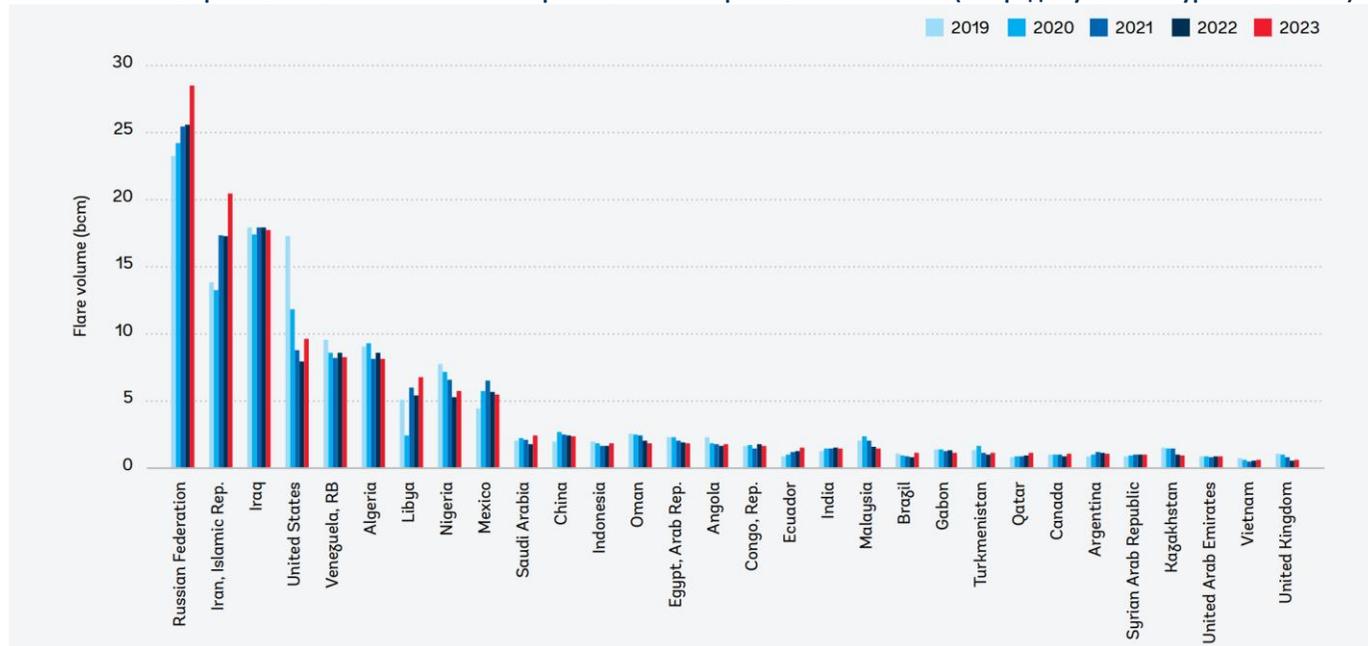
На протяжении более десяти лет следующие девять стран лидируют в мире по объему факельного сжигания газа: Россия, Исламская Республика Иран, Ирак, США, Боливарианская Республика Венесуэла, Алжир, Ливия, Нигерия и Мексика. В 2023 г. на этот топ-9 стран по объемам факельного сжигания пришлось 75% мирового объема факельного сжигания, в то время как совокупная добыча нефти в этих странах составила всего 46% от мирового объема (рис. 5). Оставшиеся 25% мирового объема факельного сжигания газа — совокупная доля более чем 60 стран. Показатели интенсивности факельного сжигания по-прежнему наиболее высоки в странах, находящихся в условиях нестабильности, конфликтов и насилия, таких как Сирийская Арабская Республика и Боливарианская Республика Венесуэла, хотя в последние несколько лет в обеих этих странах наблюдается устойчивая положительная тенденция к снижению этих показателей.

Высокая интенсивность факельного сжигания наблюдается и в ряде других нефтедобывающих стран, в частности в Габоне, Туркменистане и Республике Конго, что свидетельствует о потенциальных возможностях для осуществления мер по организации извлечения и использования попутного газа в этих странах.

Среди топ-9 стран по объемам факельного сжигания интенсивность факельного сжигания увеличилась в России, Исламской Республике

Иран, Ираке, США и Ливии, практически не изменилась в Нигерии и снизилась в Боливарианской Республике Венесуэла, Алжире и Мексике (рис. 6).

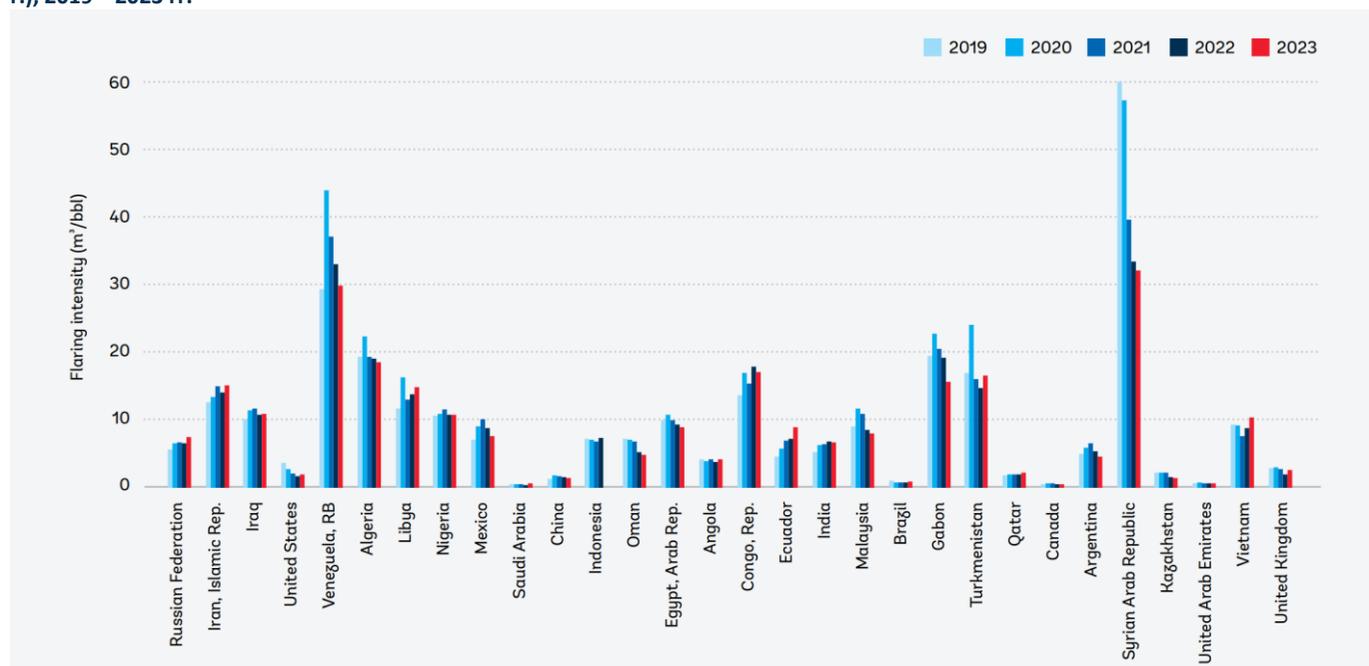
Рис. 5. Масштабы факельного сжигания в топ-30 стран по объемам факельного сжигания (в порядке убывания уровня в 2023 г.)



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, Всемирный банк.

Flare volume (bcm)	Объем факельного сжигания (млрд м³)
Russian Federation	РФ
Iran, Islamic Rep.	Иран
Iraq	Ирак
United States	США
Venezuela, RB	Венесуэла
Algeria	Алжир
Libya	Ливия
Nigeria	Нигерия
Mexico	Мексика
Saudi Arabia	Саудовская Аравия
China	Китай
Indonesia	Индонезия
Oman	Оман
Egypt, Arab Rep.	Египет
Angola	Ангола
Congo, Rep.	Республика Конго
Ecuador	Эквадор
India	Индия
Malaysia	Малайзия
Brazil	Бразилия
Gabon	Габон
Turkmenistan	Туркменистан
Qatar	Катар
Canada	Канада
Argentina	Аргентина
Syrian Arab Republic	Сирия
Kazakhstan	Казахстан
Vietnam	Вьетнам
United Arab Emirates	ОАЭ
United Kingdom	Великобритания

Рис. 6. Интенсивность факельного сжигания в топ-30 стран по объемам факельного сжигания (в порядке убывания уровня в 2023 г.), 2019—2023 гг.



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, EIA, Всемирный банк.

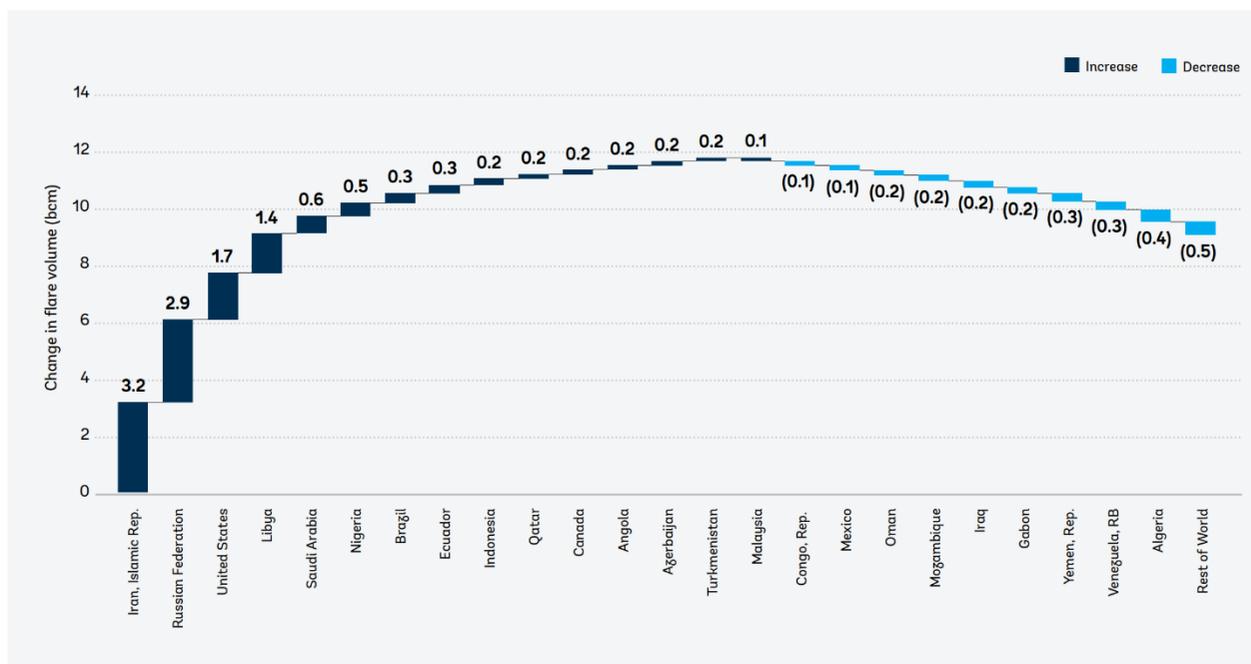
Flaring intensity (m³/bbl)	Интенсивность факельного сжигания (м³/барр.)
Russian Federation	РФ
Iran, Islamic Rep.	Иран
Iraq	Ирак
United States	США
Venezuela, RB	Венесуэла
Algeria	Алжир
Libya	Ливия
Nigeria	Нигерия
Mexico	Мексика
Saudi Arabia	Саудовская Аравия
China	Китай
Indonesia	Индонезия
Oman	Оман
Egypt, Arab Rep.	Египет
Angola	Ангола
Congo, Rep.	Республика Конго
Ecuador	Эквадор
India	Индия
Malaysia	Малайзия
Brazil	Бразилия
Gabon	Габон
Turkmenistan	Туркменистан
Qatar	Катар
Canada	Канада
Argentina	Аргентина
Syrian Arab Republic	Сирия
Kazakhstan	Казахстан
Vietnam	Вьетнам
United Arab Emirates	ОАЭ
United Kingdom	Великобритания

Пояснительная информация к показателям интенсивности факельного сжигания.

Основной объем газа, сжигаемого на факелах во всем мире, добывается вместе с нефтью (попутный нефтяной газ, ПНГ). Интенсивность факельного сжигания — это объем сжигаемого ПНГ в кубических метрах на баррель добытой нефти. Обычно этот показатель рассчитывается на уровне страны и его динамика позволяет судить об эффективности извлечения и использования попутного газа. Если показатель интенсивности факельного сжигания снижается (улучшается), это говорит о том, что в стране принимаются меры по предотвращению сжигания газа или повышению уровня рационального использования извлеченного газа. Рост этого показателя говорит о наличии в стране потенциала для повышения объемов извлечения и использования добываемого попутного газа. Газовый фактор залежей существенно различается по бассейнам и регионам, поэтому прямое сравнение интенсивности сжигания в разных странах не имеет смысла. Однако интенсивность сжигания может быть полезным индикатором улучшения или ухудшения соответствующих показателей в конкретной стране или регионе.

В 2022—2023 гг. наибольший прирост объемов факельного сжигания наблюдался в четырех странах (в порядке увеличения уровня): Исламской Республике Иран, России, США и Ливии (рис. 7). В совокупности на эти страны приходится 9 млрд м³ прироста объемов факельного сжигания, что превысило общий объем факельного сжигания в Алжире, шестой стране в мире по объемам сжигания в прошлом году, а также привело к дополнительным выбросам парниковых газов в объеме 23 млн тонн CO₂-экв., что эквивалентно появлению на дорогах 5 млн новых автомобилей.

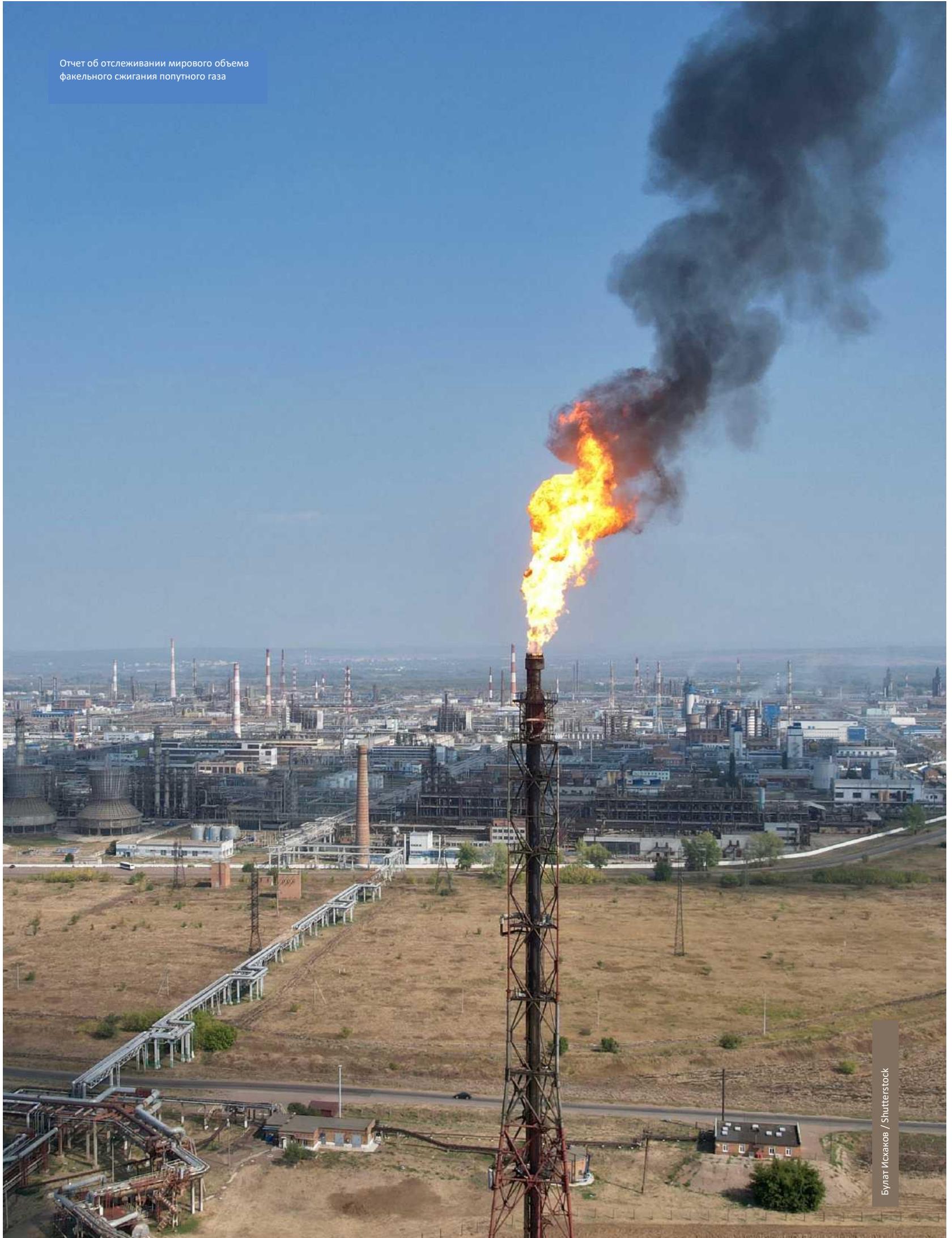
Рис. 7. Динамика объемов факельного сжигания в странах со значительными масштабами сжигания, а также в других странах мира, 2022—2023 гг.



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, Всемирный банк.

Change in flare volume (bcm)	Динамика объемов факельного сжигания (млрд м ³)
Increase	Увеличение
Decrease	Снижение
Iran, Islamic Rep.	Иран
Russian Federation	РФ
United States	США
Libya	Ливия
Saudi Arabia	Саудовская Аравия
Brazil	Бразилия
Ecuador	Эквадор
Qatar	Катар
Canada	Канада
Angola	Ангола
Azerbaijan	Азербайджан

Turkmenistan	Туркменистан
Malaysia	Малайзия
Congo, Rep.	Республика Конго
Mexico	Мексика
Oman	Оман
Mozambique	Мозамбик
Iraq	Ирак
Gabon	Габон
Venezuela, RB	Венесуэла
Yemen, Rep.	Йемен
Algeria	Алжир
Rest of World	Другие страны



Обзор по странам

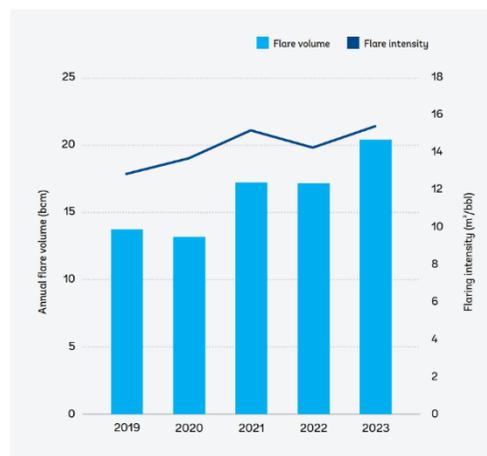
Исламская Республика Иран и Ливия

В 2023 г. наибольший рост объемов факельного сжигания наблюдался в Иране (рис. 8), где они увеличились на 3,2 млрд м³ (19%), в то время как объемы добычи в этой стране выросли на 10%. Это привело к повышению интенсивности факельного сжигания на 8%, с 14,3 м³/барр. в 2022 г. до 15,4 м³/барр. в 2023 г. — самый высокий уровень для Ирана с момента начала подсчета объемов факельного сжигания с помощью спутниковых данных в 2012 г.

В Ливии объемы факельного сжигания выросли в 2023 г. на 1,4 млрд м³ (25%), в то время как добыча нефти увеличилась на 16%, что привело к росту интенсивности факельного сжигания на 8% — с 14,0 м³/барр. в 2022 г. до 15,2 м³/барр.

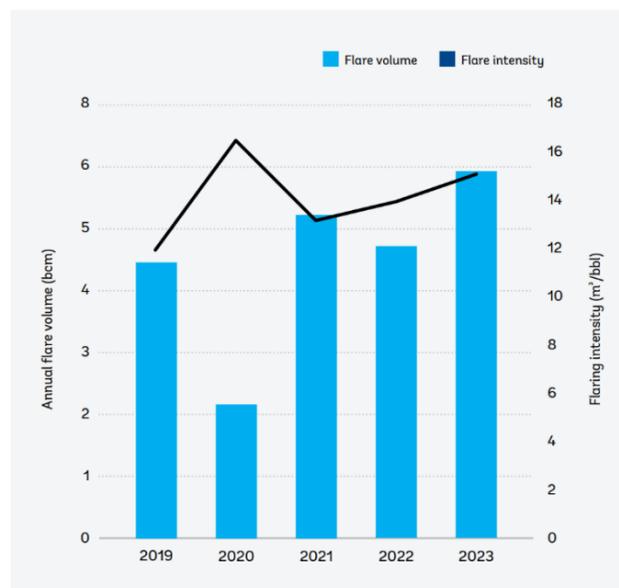
Случаи, когда попутный газ сжигается из-за нехватки инфраструктуры для извлечения и использования газа или нехватки инвестиций в поддержание такой инфраструктуры, считаются рутинным сжиганием газа. В обеих странах рост объемов факельного сжигания связан с увеличением добычи нефти. Повышение интенсивности факельного сжигания свидетельствует о недостатке инвестиций в газовую инфраструктуру и проекты использования ПНГ.

Рис. 8. Объемы и интенсивность факельного сжигания в Иране, 2019—2023 гг.



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, EIA, Всемирный банк.

Annual flare volume (bcm)	Годовой объем факельного сжигания (млрд м ³)
Flare volume	Объем факельного сжигания
Flare intensity	Интенсивность факельного сжигания
Flaring intensity (m³/bbl)	Интенсивность факельного сжигания (м ³ /барр.)



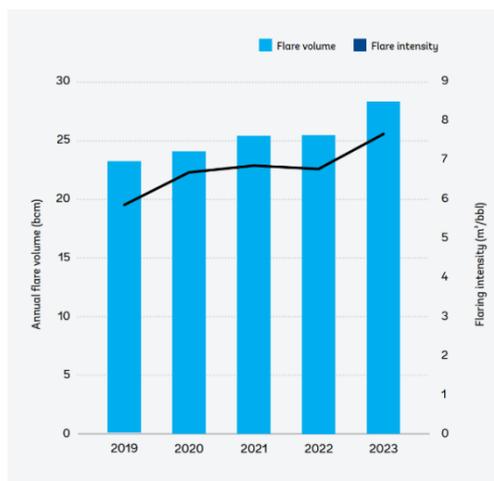
Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, EIA, Всемирный банк.

Annual flare volume (bcm)	Годовой объем факельного сжигания (млрд м ³)
Flare volume	Объем факельного сжигания
Flare intensity	Интенсивность факельного сжигания
Flaring intensity (m³/bbl)	Интенсивность факельного сжигания (м ³ /барр.)

Российская Федерация

В России, несмотря на снижение объемов нефтедобычи на 2%, объем факельного сжигания увеличился в 2023 г. на 2,9 млрд м³ (11%) (рис. 10). Это привело к повышению интенсивности факельного сжигания на 13%, с 6,8 м³/барр. в 2022 г. до 7,7 м³/барр. в 2023 г. — самый высокий уровень с момента начала систематического отслеживания Всемирным банком объемов факельного сжигания с помощью спутниковых данных в 2012 г. Увеличение объемов факельного сжигания отмечено во всех основных нефтедобывающих регионах России (рис. 11). Это свидетельствует о том, что к росту масштабов факельного сжигания привели проблемы системного, а не частного характера. Этот рост, по всей вероятности, является результатом приоритизации нефтедобычи в отсутствие необходимых инвестиций в инфраструктуру для извлечения и использования ПНГ. Другой вероятной причиной является ухудшение состояния нефтегазовой инфраструктуры из-за ограниченной доступности оборудования, что частично стало результатом нарушения работы цепочек поставок в связи с продолжающимися военными действиями на Украине.

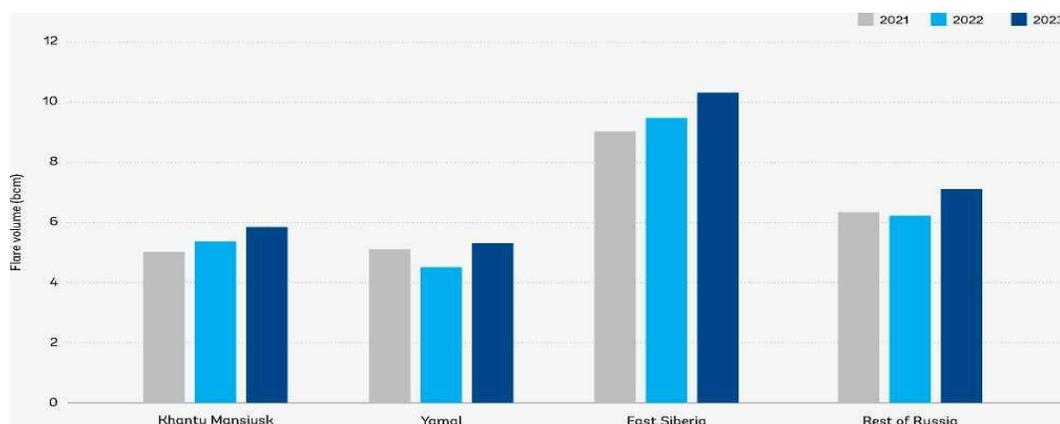
Рис. 10. Объемы и интенсивность факельного сжигания в России, 2019—2023 гг.



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, EIA, Всемирный банк.

Annual flare volume (bcm)	Годовой объем факельного сжигания (млрд м ³)
Flare volume	Объем факельного сжигания
Flare intensity	Интенсивность факельного сжигания
Flaring intensity (m ³ /bbl)	Интенсивность факельного сжигания (м ³ /барр.)

Рис. 11. Объемы факельного сжигания в России по регионам, 2021—2023 гг.



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, Всемирный банк.

Flare volume (bcm)	Объем факельного сжигания (млрд м ³)
Khanty Mansiysk	ХМАО
Yamal	ЯНАО
East Siberia	Восточная Сибирь
Rest of Russia	Остальные регионы РФ

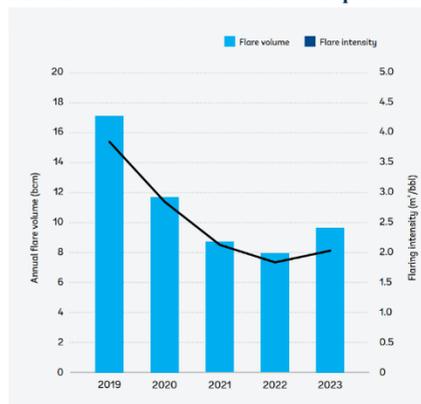


США

В 2023 году в США был отмечен рост объемов факельного сжигания газа на 1,7 млрд м³ (21%) (рис. 12). Добыча нефти в стране увеличилась на 9%, что привело к повышению интенсивности факельного сжигания на 11% — с 1,8 м³/барр. в 2022 г. до 2,0 м³/барр. в 2023 г.

Несмотря на указанный рост, показатель интенсивности факельного сжигания в США — один из самых низких в мире. В США 90% совокупного объема факельного сжигания фиксируется на территориях, находящихся в ведении штатов. На объекты, расположенные на федеральных землях, приходится остальные 10% объемов факельного сжигания; их регулирование осуществляется на федеральном уровне. В 2023 г. объемы факельного сжигания на федеральных землях сократились на 12%, а на землях, находящихся в ведении штатов, увеличились на 26%. Разбивка данных по объемам факельного сжигания по основным нефтедобывающим бассейнам США показывает, что увеличение объемов и интенсивности факельного сжигания в 2023 г. наблюдалось преимущественно в регионах сланцевой добычи на месторождениях формации Игл-Форд и Пермского бассейна (рис. 13 и 14). Территория Пермского бассейна (рис. 15) простирается от юго-восточной части штата Нью-Мексико до Техаса, а формации Игл-Форд — вытянута вдоль южной части штата Техас.

Рис. 12. Объемы и интенсивность факельного сжигания в США,

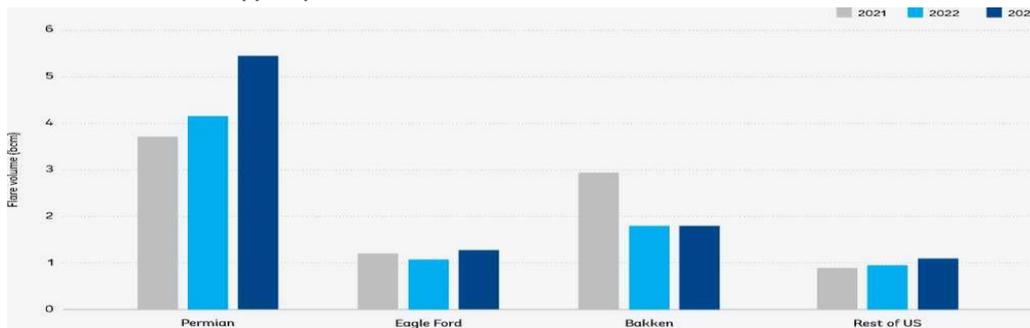


Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, EIA, NOAA, Всемирный банк.

Annual flare volume (bcm)	Годовой объем факельного сжигания (млрд м ³)
Flare volume	Объем факельного сжигания
Flare intensity	Интенсивность факельного сжигания
Flaring intensity (m ³ /bbl)	Интенсивность факельного сжигания (м ³ /барр.)



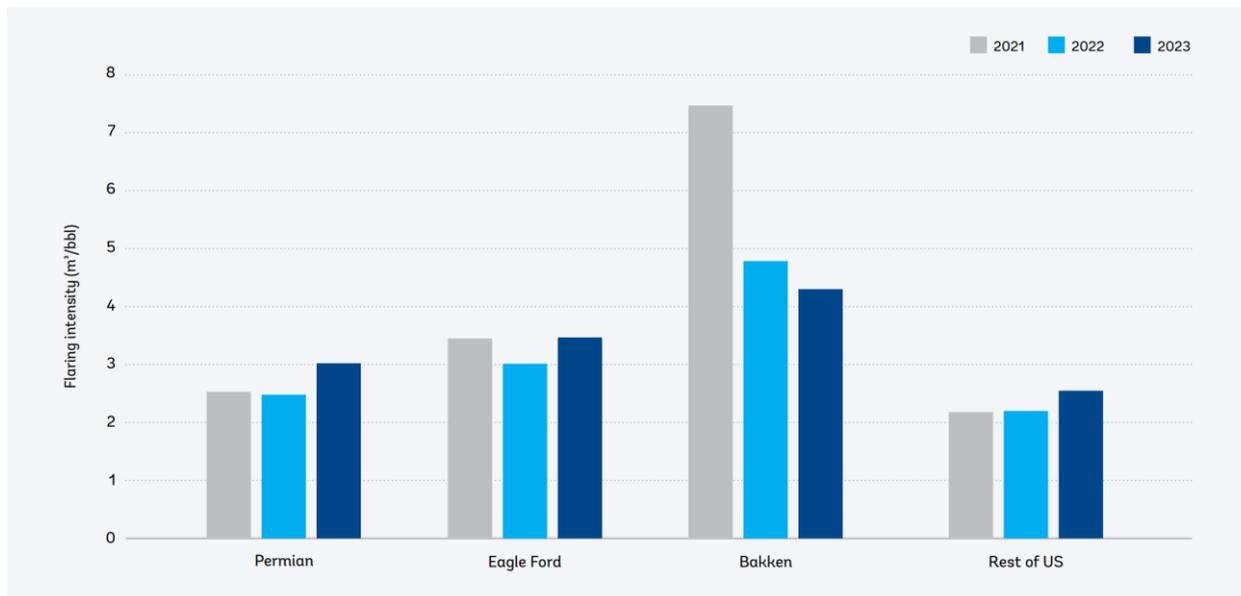
Рис. 13. Объемы факельного сжигания на месторождениях формаций Игл-Форд и Баккен, Пермского бассейна, а также на остальной территории США



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, Всемирный банк.

Flare volume (bcm)	Объем факельного сжигания (млрд м ³)
Permian	Пермский бассейн
Eagle Ford	Формация Игл-Форд
Bakken Rest of US	Формация БаккенОстальная территория США
Rest of US	Остальная территория США

Рис. 14. Интенсивность факельного сжигания на месторождениях формаций Игл-Форд и Баккен, Пермского бассейна, а также на остальной территории США



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, EIA, NOAA, Всемирный банк.

Flaring intensity (m³/bbl)	Интенсивность факельного сжигания (м ³ /барр.)
Permian	Пермский бассейн
Eagle Ford	Формация Игл-Форд
Bakken	Формация Баккен
Rest of US	Остальная территория США

На месторождениях Пермского бассейна в летний период (с июня по сентябрь) увеличились как объемы, так и интенсивность факельного сжигания. Лето 2023 г. стало вторым самым жарким летом за всю историю метеонаблюдений в Техасе³. Продолжительная жара привела к значительной нагрузке на электросети, вызвав ограничение подачи электроэнергии на газоперекачивающие агрегаты с электрическим приводом и выведя из строя часть инфраструктуры для отбора газа. Несмотря на то, что в подобных ситуациях часто требуется сжигание определенного количества газа для снижения давления на объектах в целях обеспечения безопасности, операторы, решившие не сокращать объемы нефтедобычи, предпочитали увеличивать объемы сжигания газа на своих промысловых площадках. Кроме того, у ряда операторов в данном регионе текущие проблемы с техническим обслуживанием и эксплуатацией части сети хранения и транспортировки привели к дополнительному сокращению мощностей по отбору газа, что дополнительно увеличило объемы факельного сжигания у операторов, не снижавших объемы добычи нефти в этот период. Подобная ситуация также может свидетельствовать о том, что операторам по всему миру

необходимо при планировании и проектировании объектов нефтегазовой инфраструктуры принимать во внимание физические риски, связанные с изменением климата. Данные по Пермскому бассейну свидетельствуют о том, что в периоды ограничения отбора газа в связи с неожиданными инцидентами или плановым техническим обслуживанием объемы факельного сжигания могут резко нарастать. Это подчеркивает важность применения передовой отраслевой практики и управления добычей нефти (и попутного газа) в пределах пропускной способности существующей газовой инфраструктуры. В 2023—2024 гг. была завершена работа над новыми федеральными правилами, ужесточающими требования по прекращению практики рутинного сжигания газа и сокращению отвода в атмосферу и утечек метана, включая требования Агентства по охране окружающей среды США к новым и действующим нефтегазовым объектам по всей стране, а также требования министерства внутренних дел США к деятельности нефтегазовых компаний на федеральных землях и землях резерваций. Указанные правила также стимулируют дальнейшее ограничение выбросов метана из существующих источников на уровне штатов.

Рис. 15. Ежемесячные объемы и интенсивность факельного сжигания в США на месторождениях Пермского бассейна, 2023 г.



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, EIA, Всемирный банк.

Flare volume (bcm)	Объем факельного сжигания (млрд м³)
Flare volume	Объем факельного сжигания
Flaring intensity	Интенсивность факельного сжигания
Flaring intensity (m³/bbl)	Интенсивность факельного сжигания (м³/барр.)
Jan 23	янв. 23
Feb 23	февр. 23
Mar 23	март 23
Apr 23	апр. 23
May 23	май 23
Jun 23	июнь 23
Jul 23	июль 23
Aug 23	авг. 23
Sep 23	сент. 23
Oct 23	окт. 23
Nov 23	нояб. 23
Dec 23	дек. 23

³ Национальное управление океанических и атмосферных исследований, сайт Национальной метеорологической службы США, дата обращения: 17 мая 2024 г. <https://www.weather.gov/lub/events-2023-2023summer-heat>

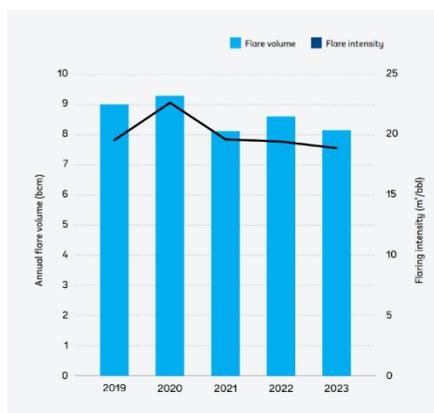


Алжир

Наибольшее снижение объемов факельного сжигания в 2023 г. было отмечено в Алжире — на 0,4 млрд м³ (5%). Несмотря на то, что добыча нефти в стране также сократилась на 2%, в целом интенсивность сжигания в Алжире снизилась на 3% (рис. 16), что продолжает тенденцию последних трех лет к улучшению показателей интенсивности факельного сжигания.

С 2020 г. Sonatrach, государственная нефтяная компания Алжира, реализовала ряд проектов по утилизации факельного газа на крупнейшем в стране нефтяном месторождении Хасси-Мессауд (рис. 17). В 2023 г. компания взяла на себя обязательства по реализации проектов на других месторождениях, в том числе на месторождениях Тигуэнтурин, Оханет и Тин-Фуйе-Табанкор, которые, как ожидается, позволят дополнительно сократить объемы факельного сжигания в Алжире.

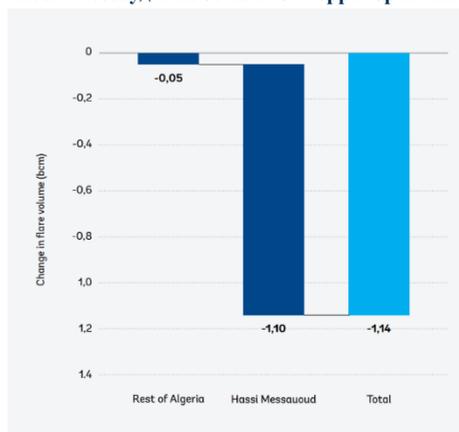
Рис. 16. Объемы и интенсивность факельного сжигания в Алжире,



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, EIA, Всемирный банк.

Annual flare volume (bcm)	Годовой объем факельного сжигания (млрд м ³)
Flare volume	Объем факельного сжигания
Flare intensity	Интенсивность факельного сжигания
Flaring intensity (m³/bbl)	Интенсивность факельного сжигания (м ³ /барр.)

Рис. 17. Динамика объемов факельного сжигания на месторождении Хасси-Мессауд и на остальной территории Алжира, 2020—2023 гг.



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, Всемирный банк.

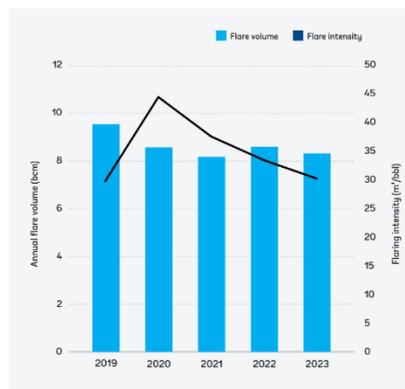
Change in flare volume (bcm)	Динамика объемов факельного сжигания (млрд м ³)
Rest of Algeria	Остальная территория Алжира
Hassi Messaoud	Месторождение Хасси-Мессауд
Total	Всего

Боливарианская Республика Венесуэла

В 2023 г. объемы факельного сжигания газа в Венесуэле сократились на 0,3 млрд м³ (4%), в то время как добыча нефти увеличилась на 7%, что привело к уменьшению интенсивности факельного сжигания на 10% — этот показатель снижается уже третий год подряд (рис. 18). В отсутствие мер по извлечению и использованию ПНГ рост нефтедобычи, как правило, приводит к увеличению объемов факельного сжигания. Продолжающееся в Венесуэле снижение интенсивности факельного сжигания свидетельствует о непрекращающихся усилиях по организации работы с попутным нефтяным газом. Несмотря на эту положительную динамику, Венесуэла остается в числе топ-9 стран по объемам факельного сжигания, а также среди мировых лидеров по интенсивности факельного сжигания.

Сокращение объемов факельного газа в 2023 г. наблюдалось почти исключительно на нефтяных месторождениях в северной части штата Монагас (рис. 19). Государственная нефтяная компания Венесуэлы *Petróleos de Venezuela S.A (PDVSA)* сообщает о реализации масштабных проектов по работе с попутным нефтяным газом в регионе.

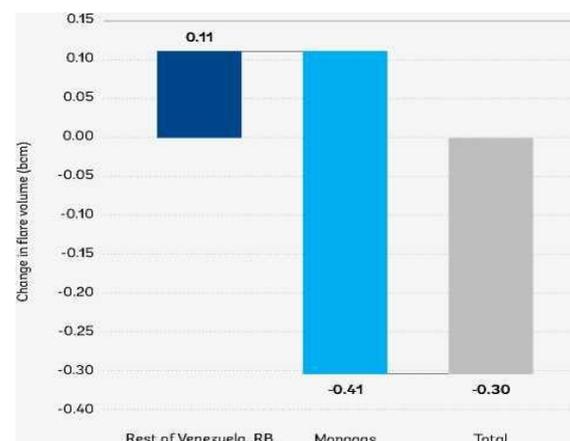
Рис. 18. Объемы и интенсивность факельного сжигания в Венесуэле, 2019—2023 гг.



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, EIA, Всемирный банк.

Annual flare volume (bcm)	Годовой объем факельного сжигания (млрд м ³)
Flare volume	Объем факельного сжигания
Flare intensity	Интенсивность факельного сжигания
Flaring intensity (m ³ /bbl)	Интенсивность факельного сжигания (м ³ /барр.)

Рис. 19. Динамика объемов факельного сжигания в штате Монагас и на остальной территории Венесуэлы, 2022—2023 гг.



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, Всемирный банк.

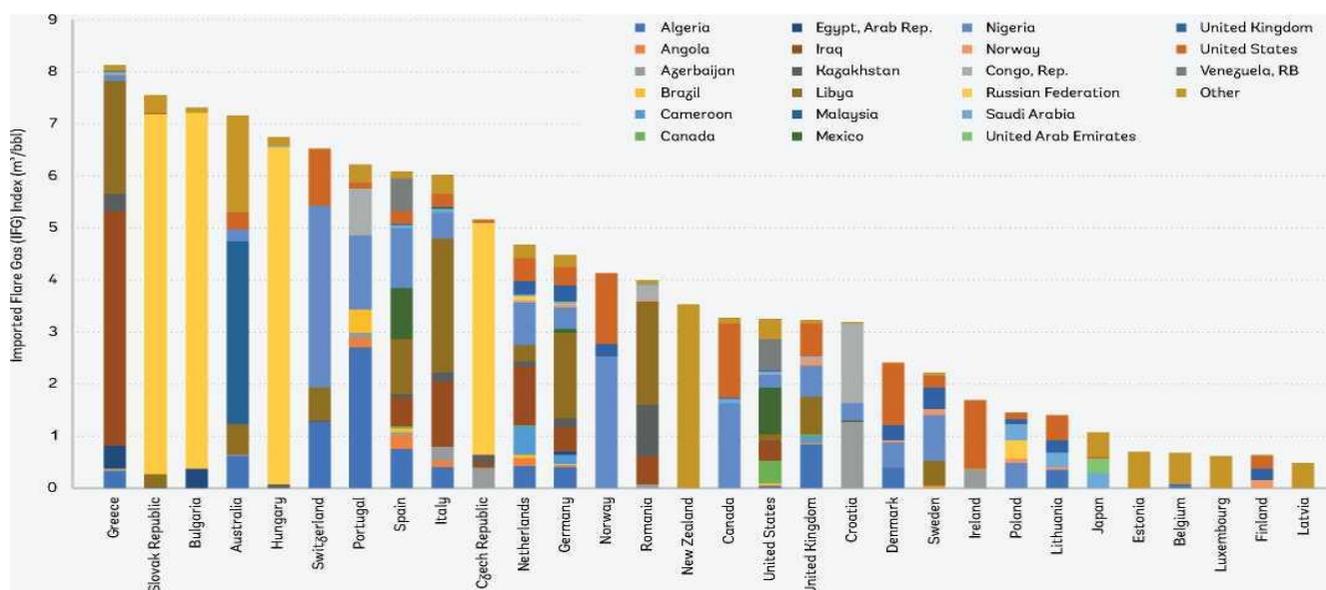
Change in flare volume (bcm)	Динамика объемов факельного сжигания (млрд м ³)
Rest of Venezuela, RB	Остальная территория Венесуэлы
Monagas	Штат Монагас
Total	Итого

Индекс интенсивности факельного сжигания для импорта углеводородов

Помимо показателей объема и интенсивности сжигания, Всемирный банк разработал третью метрику — индекс интенсивности факельного сжигания для импорта углеводородов (IFG), который предназначен для использования странами — импортерами сырой нефти и представляет собой показатель средневзвешенной интенсивности сжигания для импортных поставок нефти, определяемый на основе данных о стране происхождения. В основе индекса IFG лежит тезис о том, что если страна импортирует сырую нефть, то она также разделяет ответственность за интенсивность факельного сжигания при добыче такой импортируемой нефти. Индекс IFG призван помочь правительствам и компаниям в странах-импортерах в оценке потенциальных дополнительных

затрат на импорт углеводородов, что приведет к изменению ранжирования действующих импортных цен на сырую нефть, нефтепродукты и природный газ по сравнению с ценами без учета углеродного регулирования. Данный показатель также дает правительствам и операторам добычи в странах — экспортерах нефти и газа представление о возможных последствиях введения формирующихся механизмов трансграничного углеродного регулирования и инициатив по обеспечению прозрачности выбросов, в частности недавно принятого закона ЕС о метане⁴ и механизма трансграничного углеродного регулирования (ТУР) в ЕС (который, как ожидается, начнет действовать в отношении импорта нефти и газа с 2030 г.).

Рис. 20. Индекс интенсивности факельного сжигания для импорта углеводородов в странах — участницах РККК ООН, включенных в приложение 1, данные в разбивке по странам происхождения



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, Всемирный банк, Comtrade, EIA.

Примечание: индекс IFG — индекс интенсивности факельного сжигания для импорта углеводородов, РККК ООН — Рамочная конвенция ООН об изменении климата.

4 Новый закон Европейского союза (ЕС) о сокращении выбросов метана в энергетическом секторе Европы и в глобальных цепочках поставок призван способствовать реализации «Зеленого пакта для Европы» и сокращению чистых выбросов парниковых газов в Европе не менее чем на 55% к 2030 г. Закон устанавливает требования к нефтегазовым компаниям по надлежащему измерению, контролю, отчетности и верификации в отношении выбросов метана в соответствии с самыми высокими стандартами мониторинга, а также обязывает их принимать меры по сокращению таких выбросов (Европейская комиссия, «Комиссия приветствует согласование первого в истории ЕС закона для сокращения выбросов метана в ЕС и по всему миру», дата обращения: 17 мая 2024 г., https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_5776).

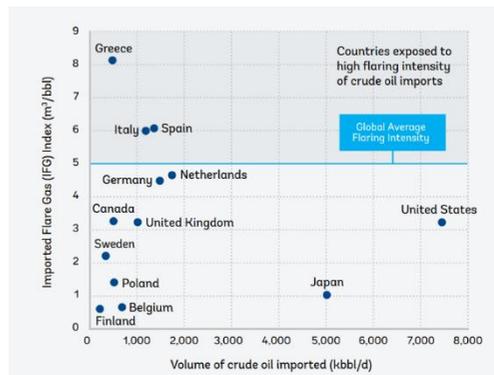
5 «Трансграничное углеродное регулирование (ТУР) в Европейском союзе — это инструмент ЕС для определения справедливой цены на выбросы углерода при производстве углеродоемких товаров, импортируемых в ЕС, а также для стимулирования развития более экологических промышленных производств за пределами ЕС»: https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en.

Imported Flare Gas (IFG) Index (m3/bbl)	Индекс IFG (м³/барр.)
Algeria	Алжир
Angola	Ангола
Azerbaijan	Азербайджан
Brazil	Бразилия
Cameroon	Камерун
Canada	Канада
Egypt, Arab Rep.	Египет
Iraq	Ирак
Kazakhstan	Казахстан
Libiya	Ливия
Malaysia	Малайзия
Mexico	Мексика
Nigeria	Нигерия
Norway	Норвегия
Congo, Rep.	Республика Конго
Russian Federation	РФ
Saudi Arabia	Саудовская Аравия
United Arab Emirates	ОАЭ
United Kingdom	Великобритания
United States	США
Venezuela, RB	Венесуэла
Other	Прочие страны
Greece	Греция
Slovak Republic	Словакия
Bulgaria	Болгария
Australia	Австралия
Hungary	Венгрия
Switzerland	Швейцария
Portugal	Португалия
Spain	Испания
Italy	Италия
Czech Republic	Чехия
Netherlands	Нидерланды
Germany	Германия
Norway	Норвегия
Romania	Румыния
New Zealand	Новая Зеландия
Canada	Канада
United States	США
United Kingdom	Великобритания
Canada	Канада
Denmark	Дания
Sweden	Швеция

Ireland	Ирландия
Poland	Польша
Lithuania	Литва
Japan	Япония
Estonia	Эстония
Belgium	Бельгия
Luxembourg	Люксембург
Finland	Финляндия
Latvia	Латвия

Согласно анализу данных за 2023 г., такие страны, как Греция, Италия и Испания, «подвержены риску» высоких объемов факельного сжигания в цепочках импорта сырой нефти, связанных с добычей больших объемов сырой нефти, которые они импортируют из стран с высокой интенсивностью сжигания, таких как Ирак, Мексика, Нигерия и Ливия (рис. 20 и 21). В соответствии с новым законом ЕС о метане и предложениями по включению импорта нефти и газа в охват ТУР экспортные поставки нефти и газа в Европу будут подвергаться более тщательной проверке для оценки их углеродной интенсивности. Производство с высоким уровнем удельных выбросов ПГ, например добыча нефти с высокой интенсивностью факельного сжигания, могут столкнуться с введением нормативов предельно допустимых сопутствующих выбросов диоксида углерода и метана. На их деятельность также будет оказывать влияние цена на углерод, включаемая в виде платы за выбросы в рамках ТУР в себестоимость добычи нефти и газа. На уровне отдельных стран геополитическая и торговая динамика на мировых рынках нефти привела к перераспределению между странами объемов факельного сжигания, связанных с импортными поставками нефти (рис. 22).

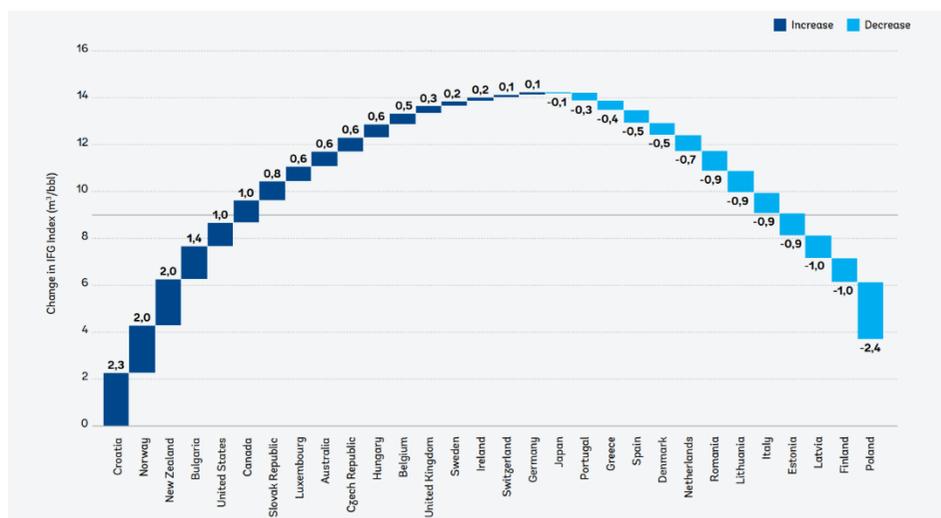
Рис. 21. Интенсивность факельного сжигания для импорта углеводородов в сравнении с объемами импорта сырой нефти в странах, импортирующих более 250 тыс. барр. в сутки



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, Всемирный банк, Comtrade, EIA. Примечание: показатель среднемировой интенсивности факельного сжигания составляет 5 м³/барр.

Imported Flare Gas (IFG) Index (m³/bbl)	Индекс IFG (м³/барр.)
Countries exposed to high flaring intensity of crude oil imports	Страны с риском высокой интенсивности факельного сжигания в цепочке импорта сырой нефти
Global Average Flaring Intensity	Показатель среднемировой интенсивности факельного сжигания
Greece	Греция
Italy	Италия
Spain	Испания
Germany	Германия
Netherlands	Нидерланды
Canada	Канада
United Kingdom	Великобритания
Sweden	Швеция
Poland	Польша
Belgium	Бельгия
Finland	Финляндия
Japan	Япония
United States	США
Volume of crude oil imported (kbbbl/d)	Объем импорта сырой нефти (тыс. барр. в сутки)

Рис. 22. Динамика индекса интенсивности факельного сжигания для импорта углеводородов для стран — участниц РКИК ООН, включенных в приложение 1, 2022—2023 гг.



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, Всемирный банк, Comtrade, EIA.

Change in IFG Index (m³/bbl)	Динамика индекса IFG (м³/барр.)
Increase	Увеличение
Decrease	Снижение
Croatia	Хорватия
Norway	Норвегия
New Zealand	Новая Зеландия
Bulgaria	Болгария
United States	США
Canada	Канада
Slovak Republic	Словакия
Luxembourg	Люксембург
Australia	Австралия
Czech Republic	Чехия
Belgium	Бельгия
Hungary	Венгрия
United Kingdom	Великобритания
Sweden	Швеция
Ireland	Ирландия
Switzerland	Швейцария
Germany	Германия
Japan	Япония
Portugal	Португалия
Greece	Греция
Spain	Испания
Denmark	Дания
Netherlands	Нидерланды
Romania	Румыния

Lithuania	Литва
Italy	Италия
Estonia	Эстония
Latvia	Латвия
Finland	Финляндия
Poland	Польша

Неиспользованный потенциал: выбросы метана при факельном сжигании попутного газа

В настоящем отчете использовались традиционные методы оценки выбросов метана при факельном сжигании, основанные на двух ключевых предположениях:

1 Факельные установки работают с эффективностью сжигания метана 98%, т. е. 98% метана в потоке факельного газа сжигается с образованием диоксида углерода и воды, а оставшиеся 2% метана выбрасываются напрямую в атмосферу в неизменном виде.

2 Факелы всегда горят и работают нормально в круглосуточном режиме.

Однако в ряде недавних публикаций эти общепринятые предположения ставятся под сомнение: в них утверждается, что факельное сжигание газа может быть причиной значительно большего объема выбросов метана, чем считалось ранее. Эти тезисы, привлекая внимание международного сообщества, подчеркивают необходимость дальнейших исследований проблемы выбросов метана при факельном сжигании. Факелы предназначены для безопасного и быстрого сжигания больших объемов газа; за редким исключением⁶ они всегда должны гореть и поддерживаться в исправном состоянии. Однако на практике факел может гореть не всегда, например из-за сильного ветра, неисправности пилотной горелки или некачественного газа, который «тушит» факел. В таких случаях хорошей практикой является оперативное принятие операторами мер для возобновления работы факела. На объектах, работающих без участия человека, факел может оставаться негорящим в течение продолжительного времени, пока не будут задействованы ресурсы для его повторного зажигания. На негорящих факелах метан постоянно выбрасывается напрямую в атмосферу, что является безответственной практикой. Соответственно, важно обеспечить использование операторами необходимых инструментов для контроля наличия пламени и

передачи данных, позволяющих им отслеживать все инциденты с погасанием пламени и оперативно принимать меры для повторного зажигания таких факелов.

В этом разделе описываются начальные шаги партнерства GFMR по разработке более надежного метода для определения степени распространенности практики использования негорящих факелов в мире и корректного отнесения выбросов метана к случаям использования негорящих факелов, а также представлен пример из практики, иллюстрирующий применение этого метода.

Пояснительная информация касательно неопределенности в отношении выбросов при факельном сжигании.

Исследование⁶ на месторождениях сланцевых бассейнов в США показало, что эффективность сжигания метана на многих факелах ниже 98% (что означает более высокие фактические объемы выбросов метана), а многие факелы не горят и, соответственно, сбрасывают метан напрямую в атмосферу. При этом по ряду причин факелы на этих нетрадиционных месторождениях могут быть нерепрезентативными для ситуации с факельным сжиганием во всем мире. Необходимы дальнейшие исследования для изучения эффективности сжигания газа на факелах и степени распространенности практики использования негорящих факелов на традиционных нефтегазовых объектах.

Кроме того, в нескольких научных работах была сделана попытка отнесения шлейфов метана к негорящим факелам^{7, 8}. Внутренний анализ Всемирного банка показал, что во многих случаях негорящие факелы не были источниками этих выбросов. Эти выводы подтверждают необходимость дальнейших исследований; они были доведены до сведения групп, опубликовавших указанные выше работы.

⁶ Genevieve Plant, Eric Kort, Adam Brandt, Yuanlei Chen, Graham Fordice, Alan Negron, Stefan Schwietzke, Mackenzie Smith, and Daniel Zavala-Araiga, “Inefficient and Unlit Natural Gas Flares Both Emit Large Quantities of Methane,” *Science* 377, no. 6614 (2022): 1566–71.

⁷ Itziar Irakulis-Loitxate, Luis Guanter, Joannes D. Maasackers, Daniel Zavala-Araiga, and Ilse Aben, “Satellites Detect Abatable Super-Emissions in One of the World’s Largest Methane Hotspot Regions,” *Environmental Science and Technology* 56, no. 4 (2022): 2143–52.

⁸ Stijn Naus, Joannes D. Maasackers, Ritesh Gautam, Mark Omara, Roelof Stikker, Allard Veenstra, Brian Nathan, Itziar Irakulis-Loitxate, Luis Guanter, Sudhanshu Pandey, Marianne Girard, Alba Lorente, Tobias Borsdorff, and Ilse Aben, “Assessing the Relative Importance of Satellite-Detected Methane Superemitters in Quantifying Total Emissions for Oil and Gas Production Areas in Algeria,” *Environmental Science and Technology* 57, no. 48 (2023): 19545–56.

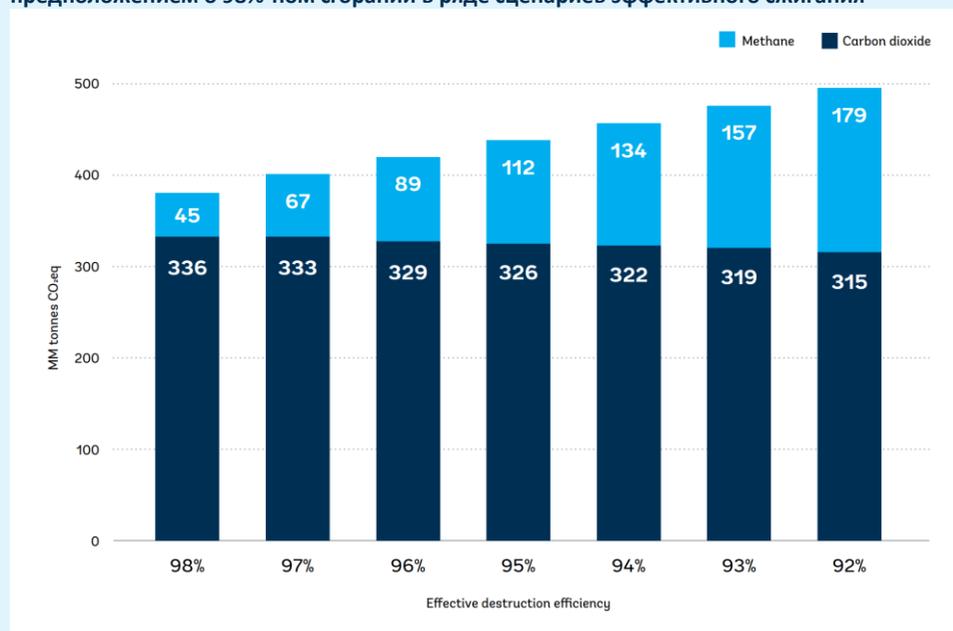
⁹ В нормальных условиях эксплуатации на объектах, использующих закрытые факельные установки или технологии бесфакельной добычи, факельное сжигание отсутствует — там работают закрытые факельные системы. Факел зажигается с помощью высоконадежной системы зажигания только в случаях технологических сбоев для безопасного сжигания газа. Эта технология широко распространена на шельфовых проектах в Норвегии, но в других регионах в настоящее время встречается крайне редко.

Пояснительная информация к показателям эффективности факельного сжигания метана.

Если исходить из общепринятых предположений об эффективности сжигания метана на уровне 98% и бесперебойном горении факелов, то в 2023 г. объем сжигания на факелах во всем мире составил 381 млн тонн CO₂-эquiv., включая 336 млн тонн в виде диоксида углерода и 45 млн тонн CO₂-эquiv. от несгоревшего метана^{9, 10}.

Если учесть факелы, которые могут работать неэффективно или не горят, стравливая газ в атмосферу, и допустить возможность снижения эффективности сжигания всего на 1% (97% вместо 98%), то расчетный объем выбросов метана увеличивается на 50%. Так, если реальные показатели эффективности сжигания газа ниже на 4% (94%), то выбросы метана при факельном сжигании втрое превышают оценки на основе традиционного подхода. Данные выводы подчеркивают важность дальнейшей работы для лучшего понимания параметров выбросов от факельных установок.

Рис. 23. Выбросы парниковых газов от факельного сжигания 148 млрд м³ газа в 2023 г. по сравнению с традиционным предположением о 98%-ном сгорании в ряде сценариев эффективного сжигания



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, Всемирный банк.

MM tonnes CO ₂ eq	млн тонн CO ₂ -эquiv.
Methane	Метан
Carbon dioxide	Диоксид углерода
Effective destruction efficiency	Эффективность сжигания газа

¹⁰ При содержании метана в факельном газе 80% и потенциале глобального потепления метана на уровне 28 единиц за 100 лет, согласно Пятому оценочному докладу (ОД5) Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК).

¹¹ С учетом потенциала глобального потепления на уровне 84 единиц за 20 лет (согласно ОД5) выбросы метана при сжигании на факелах увеличиваются до 134 млн тонн CO₂-эquiv.

Пример из практики — использование спутниковых данных для обнаружения негорящих факелов

Всемирный банк разработал подход к мониторингу факелов и выбросов метана для обнаружения негорящих факелов при помощи спутниковых данных. Данный подход продемонстрирован в следующем примере с негорящим факелом на объекте, расположенном рядом с неназванным газовым месторождением в Центральной Азии (рис. 24).

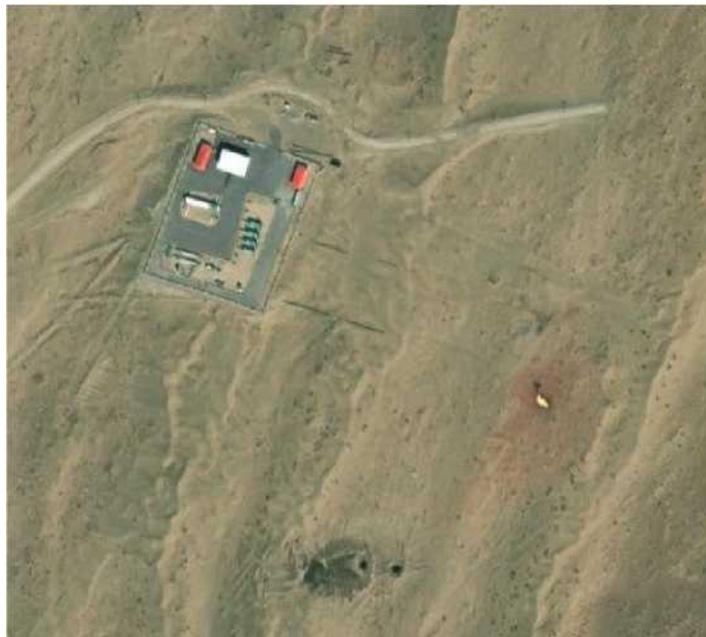
На первом снимке, сделанном со спутника в июле 2017 г., видно, что на этом объекте горит факел. На втором снимке, сделанном в ноябре 2021 г., на выходе факельного ствола пламени не наблюдается (рис. 25).

Алгоритм временных рядов Nightfire в составе установленного на спутнике мультиспектрального радиометра, работающего в инфракрасном и видимом диапазонах (VIIRS) показывает, что факел на данном объекте горел с июня 2016 г. и внезапно погас в феврале 2021 г. (с небольшим перерывом в конце 2016 г.). Данные наблюдений с использованием прибора VIIRS были сопоставлены с данными об обнаружениях тепловых объектов, полученных от спутников Sentinel-2 и Landsat 8/9, которые также подтверждают

информацию о прекращении факельного сжигания на объекте в феврале 2021 г. (рис. 26).

Чтобы выяснить, перестал ли гореть факел в указанное время, Всемирный банк сопоставил данные о выбросах метана, предоставленные компанией Kayrros SAS, коммерческим поставщиком спутниковых данных высокого разрешения, и полученные из общедоступной базы данных некоммерческой организации Carbon Mapper¹², а также использовал данные из системы оповещения и реагирования на выбросы метана (MARS) Международной обсерватории выбросов метана (IMEO)¹³. Данные о выбросах метана указывают на множественные источники выбросов, обнаруженные вблизи факельного ствола (рис. 25). Сопоставление данных об обнаружении факельного сжигания и выбросов метана вблизи факельного ствола четко говорит о прекращении факельного сжигания, после чего были обнаружены многочисленные выбросы метана. Это является убедительным доказательством того, что факел на данном объекте не горел и метан стравливался в атмосферу (рис. 27 и 28).

Рис. 24. Спутниковый снимок высокого разрешения неназванного объекта с горящим факелом в Центральной Азии



Источник: Esri.

Примечание: снимок датирован 28 июля 2017 г.; на нем виден горящий факел к востоку от объекта.

¹² Данные предоставлены Carbon Mapper на сайте <https://carbonmapper.org/data/>.

¹³ Система оповещения и реагирования на выбросы метана (MARS) Международной обсерватории выбросов метана (IMEO) входит в состав структуры Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП).

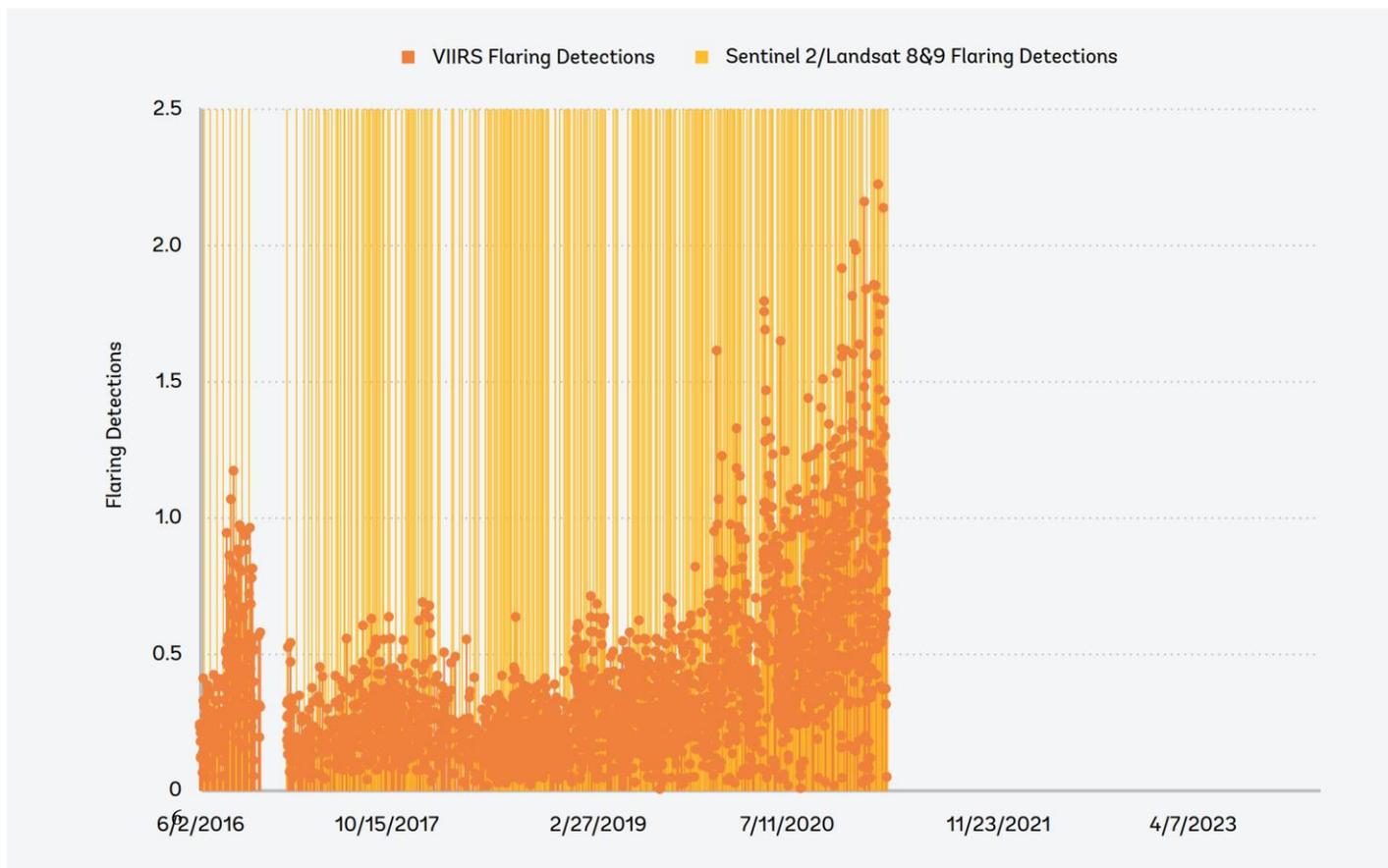
Рис. 25. Обнаружение выбросов метана на объекте с сосредоточением вокруг места расположения факельного ствола



Источник: Esri, CSM, Kayrros SAS, IMEO, Carbon Mapper, Всемирный банк.

Примечание: снимок датирован 17 ноября 2021 г.; на нем не видно пламени на выходе факельного ствола. Места обнаружения выбросов метана, зафиксированные компанией Kayrros обозначены синими точками, системой IMEO MARS — голубыми, организацией Carbon Mapper — зелеными. Красным значком отмечен центр зоны обнаружения случаев факельного сжигания, выявленных с помощью прибора VIIRS.

Рис. 26. Временные ряды, построенные на основе данных о случаях факельного сжигания, выявленных с помощью прибора VIIRS

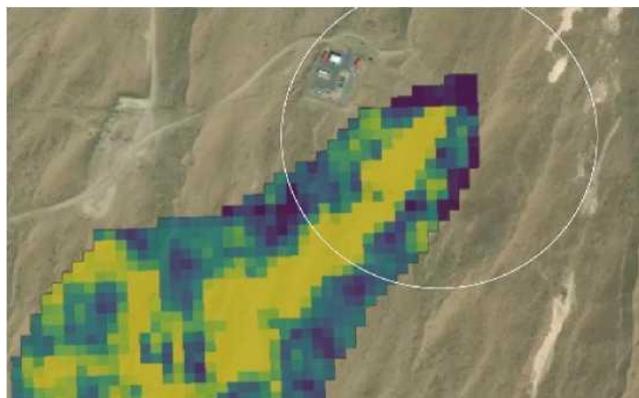


Flaring Detections	Обнаружение случаев факельного сжигания
VIIRS Flaring Detections	Обнаружение случаев факельного сжигания с помощью прибора VIIRS
Sentinel 2/Landsat 8&9 Flaring Detections	Обнаружение случаев факельного сжигания с помощью спутников Sentinel-2 / Landsat 8 и 9

Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, Kayros SAS, IMEO, Carbon Mapper, Всемирный банк. Примечание: VIIRS = мультиспектральный радиометр, работающий в инфракрасном и видимом диапазонах.

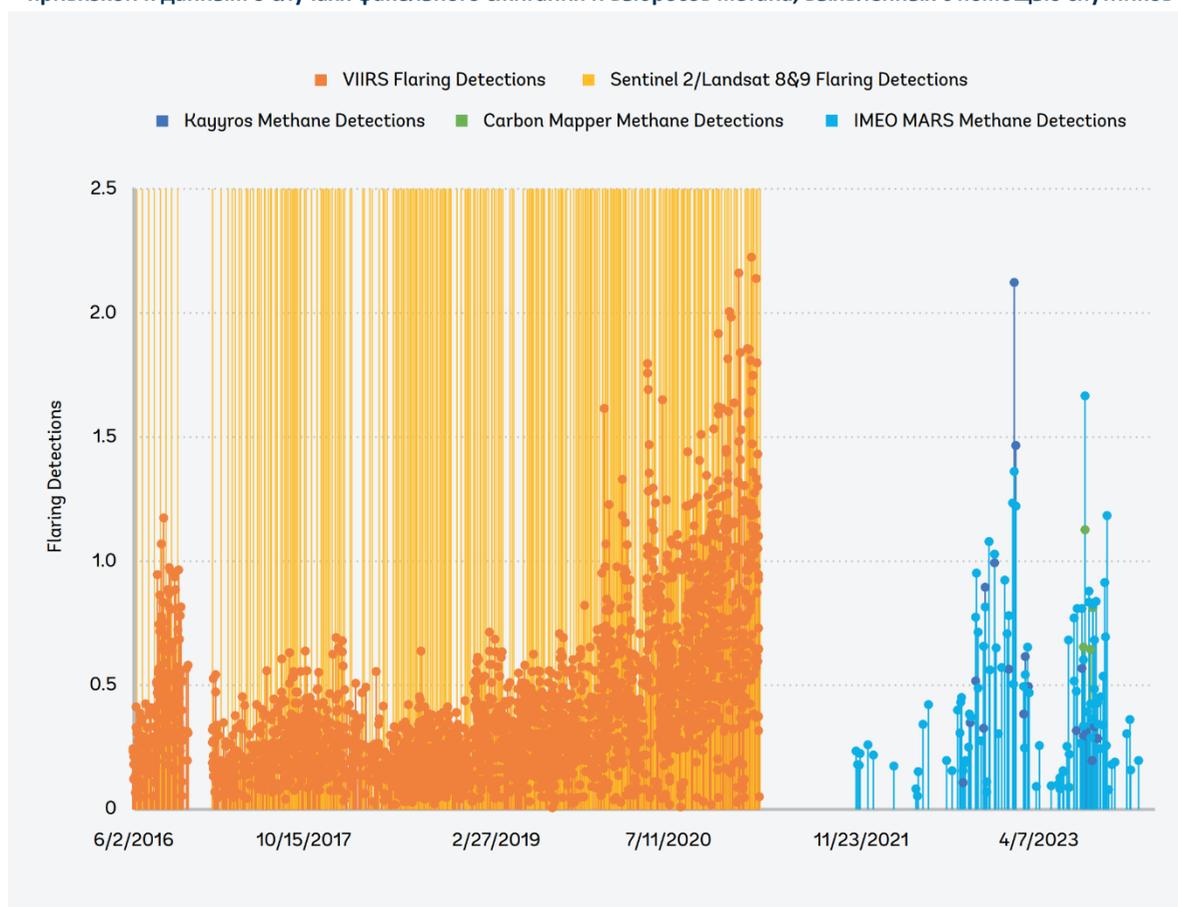
Данный подход использует обширную базу данных по обнаружениям горящих факелов в темное время суток с помощью прибора VIIRS, которая ведется Колорадской горной школой с 2012 г. при поддержке партнерства GFMR Всемирного банка. Этот набор данных представляет собой единственную доступную высокочастотную базу данных, которая позволяет исследователям определять периоды «необнаружения» факела, что может указывать на то, что в это время факел не горел. После дополнительного тестирования и доработки этот подход может быть внедрен для поиска доказательств других случаев использования негорящих факелов по всему миру, что позволит международному сообществу лучше понять масштаб этой проблемы и связанных с ней выбросов метана. Также этот подход может быть использован для разработки системы предупреждения, которая будет информировать операторов о возможном использовании негорящих факелов и стимулировать их к оперативным действиям по возобновлению горения.

Рис. 27. Один из многочисленных шлейфов метана на выходе факельного ствола, обнаруженный 25 ноября 2022 г. спутником



Источник: анализ компании Kayros SAS, содержащий модифицированные данные спутника Copernicus, предоставленные Европейским космическим агентством (2024 г.).

Рис. 28. Временные ряды, построенные на основе данных о случаях факельного сжигания, выявленных с помощью прибора VIIRS на объекте, с привязкой к данным о случаях факельного сжигания и выбросов метана, выявленных с помощью спутников Sentinel-2 и Landsat 8/9



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, Kayyros SAS, IMEO, Carbon Mapper, Всемирный банк.

Flaring Detections	Обнаружение случаев факельного сжигания
VIIRS Flaring Detections	Обнаружение случаев факельного сжигания с помощью прибора VIIRS
Sentinel 2/Landsat 8&9 Flaring Detections	Обнаружение случаев факельного сжигания с помощью спутников Sentinel-2 / Landsat 8 и 9
Kayyros Methane Detections	Обнаружение выбросов метана, Kayyros
Carbon Mapper Methane Detections	Обнаружение выбросов метана, Carbon Mapper
IMEO MARS Methane Detections	Обнаружение выбросов метана, IMEO MARS

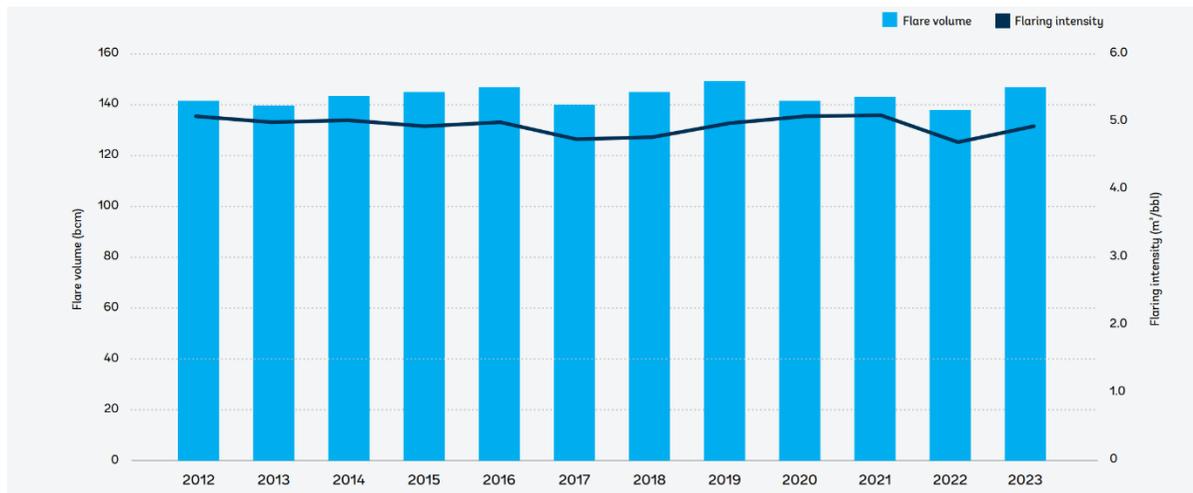


Заключительные комментарии

Рост объемов факельного сжигания в 2023 г. более чем нивелировал снижение, наблюдавшееся в 2021—2022 гг., в результате чего был зафиксирован самый высокий показатель среднемировой интенсивности факельного сжигания за

последние пять лет (рис. 29). Это свидетельствует о неустойчивости результатов или недостаточности предпринятых на сегодняшний день усилий для решения проблемы факельного сжигания газа.

Рис. 29. Мировой объем факельного сжигания на нефтегазодобывающих объектах и интенсивность сжигания, 2012—2023 гг.

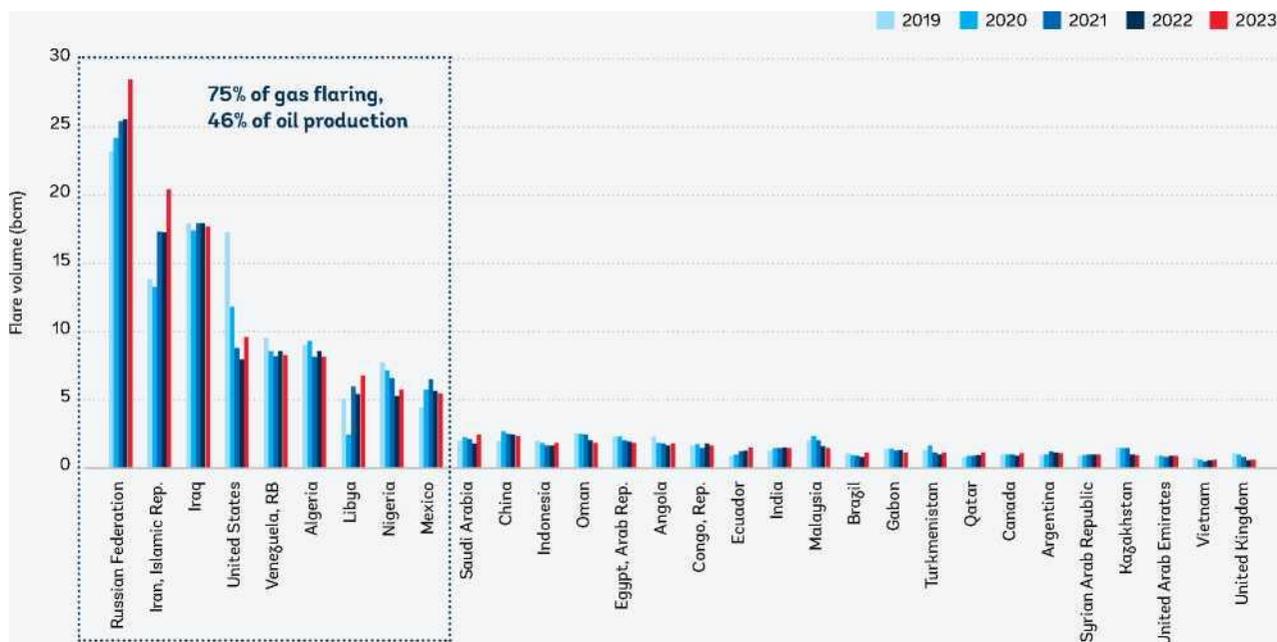


Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, EIA, Всемирный банк.

Flare volume (bcm)	Объем факельного сжигания (млрд м ³)
Flare volume	Объем факельного сжигания
Flaring intensity	Интенсивность факельного сжигания
Flaring intensity (m ³ /bbl)	Интенсивность факельного сжигания (м ³ /барр.)



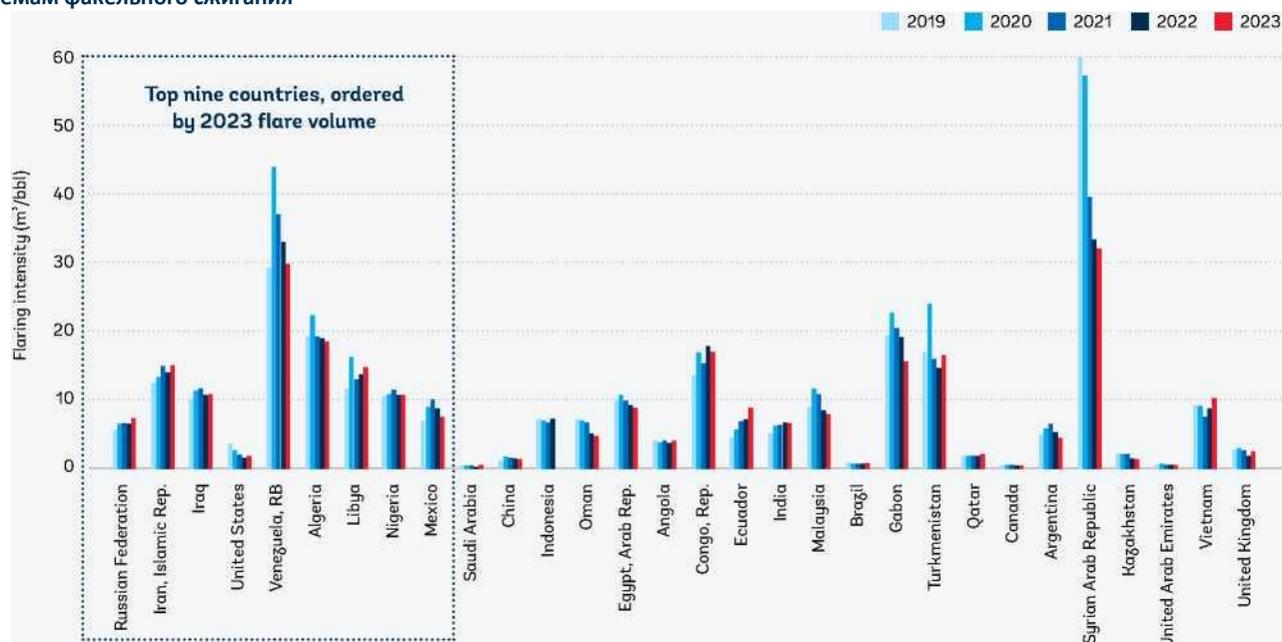
Рис. 30. Масштабы факельного сжигания в топ-30 стран по объемам факельного сжигания, в порядке убывания уровня в 2023 г., с указанием топ-9 стран по объемам факельного сжигания, 2019—2023 гг.



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, Всемирный банк.

Flare volume (bcm)	Объем факельного сжигания (млрд м ³)
75% of gas flaring, 46% of oil production	75% факельного сжигания газа, 46% добычи нефти
Russian Federation	РФ
Iran, Islamic Rep.	Иран
Iraq	Ирак
United States	США
Venezuela, RB	Венесуэла
Algeria	Алжир
Libya	Ливия
Nigeria	Нигерия
Mexico	Мексика
Saudi Arabia	Саудовская Аравия
China	Китай
Indonesia	Индонезия
Oman	Оман
Egypt, Arab Rep.	Египет
Angola	Ангола
Congo, Rep.	Республика Конго
Ecuador	Эквадор
India	Индия
Malaysia	Малайзия
Brazil	Бразилия
Gabon	Габон
Turkmenistan	Туркменистан
Qatar	Катар
Canada	Канада
Argentina	Аргентина
Syrian Arab Republic	Сирия
Kazakhstan	Казахстан
Vietnam	Вьетнам
United Arab Emirates	ОАЭ
United Kingdom	Великобритания

Рис. 31. Интенсивность факельного сжигания в топ-30 стран по объемам факельного сжигания, 2019—2023 гг., с указанием топ-9 стран по объемам факельного сжигания



Источник: Институт Пейна и Колорадская горная школа, NOAA, EIA, Всемирный банк.

Flaring intensity (m³/bbl)	Интенсивность факельного сжигания (м³/барр.)
Top nine countries, ordered by 2023 flare volume	Топ-9 стран по объему факельного сжигания в 2023 г.
Russian Federation	РФ
Iran, Islamic Rep.	Иран
Iraq	Ирак
United States	США
Venezuela, RB	Венесуэла
Algeria	Алжир
Libya	Ливия
Nigeria	Нигерия
Mexico	Мексика
Saudi Arabia	Саудовская Аравия
China	Китай
Indonesia	Индонезия
Oman	Оман
Egypt, Arab Rep.	Египет
Angola	Ангола
Congo, Rep.	Республика Конго
Ecuador	Эквадор
India	Индия
Malaysia	Малайзия
Brazil	Бразилия
Gabon	Габон
Turkmenistan	Туркменистан
Qatar	Катар
Canada	Канада
Argentina	Аргентина
Syrian Arab Republic	Сирия
Kazakhstan	Казахстан
Vietnam	Вьетнам
United Arab Emirates	ОАЭ
United Kingdom	Великобритания

Основные объемы факельного сжигания в мире по-прежнему приходятся на девять нефтедобывающих стран. Хотя показатели интенсивности факельного сжигания в этих странах весьма разнятся из-за различий в показателях газового фактора соответствующих бассейнов и уровнях достигнутых коэффициентов полезного использования ПНГ, объем добычи нефти в некоторых из этих стран настолько велик, что любые колебания уровня интенсивности факельного сжигания в этих странах оказывают влияние на общемировые показатели.

Существует настоятельная необходимость мобилизации и подтверждения политической воли и лидерства в сочетании с отраслевыми инвестициями и совершенствованием методов работы по всему миру, чтобы предпринять критически важные шаги по нескольким направлениям:

1. Оперативное ускорение прогресса в сокращении масштабов факельного сжигания в топ-9 стран по объемам факельного сжигания: Россия, Исламская Республика Иран, Ирак, США, Боливарианская Республика Венесуэла, Алжир, Ливия, Нигерия и Мексика.
2. Срочное внедрение и запуск инвестиционных планов по ускорению сокращения факельного сжигания, отражающих признание того факта, что прекращение рутинного факельного сжигания и сведение к минимуму масштабов нерегулярного факельного сжигания — необходимые условия сокращения глобального уровня выбросов ПГ в нефтегазовой отрасли. Эти инвестиции также могут внести существенный вклад в сокращение выбросов метана от факельного сжигания, остро необходимое в ближайшем будущем.
3. Приоритизация инвестиций в проекты извлечения и использования попутного газа при планировании, проектировании и эксплуатации объектов нефтегазовой инфраструктуры для обеспечения возможности достижения цели нулевого рутинного сжигания ПНГ к 2030 г.
4. Минимизация выбросов метана в период сохранения практики факельного сжигания за счет обеспечения горения и эффективности работы факелов.
5. Обеспечение операторам добычи нефти и газа (в странах с более слабой нормативно-правовой базой или недостаточно развитыми цепочками создания стоимости в газовой отрасли) доступа к финансированию и технической поддержке, необходимым для сокращения масштабов факельного сжигания.
6. Распространение передовой практики управления добычей нефти (и попутного газа) в пределах пропускной способности

существующей газовой инфраструктуры, в частности в периоды снижения пропускной способности, для недопущения быстрого возрастания объемов нерегулярного факельного сжигания.

7. Проектирование объектов нефтегазовой инфраструктуры и разработка проектов по сокращению выбросов для более успешной адаптации к воздействию физических рисков, связанных с изменением климата.
8. Использование возможностей существующего сотрудничества между государственным и частным секторами для обеспечения широкого принятия и внедрения эффективного регулирования в этой сфере.



Роль Всемирного банка в сокращении факельного сжигания газа

Партнерство GFMR Всемирного банка тесно сотрудничает с правительствами стран и нефтедобывающими компаниями, помогая оценивать технологии, разрабатывать принципы политики и нормы регулирования, а также наращивать потенциал для прекращения рутинного сжигания к 2030 г. Мы также продолжаем поощрять взятие обязательств в рамках инициативы Всемирного банка по достижению нулевого рутинного сжигания ПНГ к 2030 г., опираясь на поддержку 92 ее участников — правительств стран и нефтяных компаний, на долю которых приходится около 60% мирового объема факельного сжигания. Прекращение рутинного факельного сжигания критически важно для правительств и компаний, которые хотят обеспечить максимальную экологическую чистоту поставок своей продукции, достичь чистого нулевого уровня выбросов и сохранить социальную лицензию на деятельность — особенно в развивающихся странах, где миллионы людей не имеют доступа к энергии. Для этого мы должны тестировать и масштабировать инновационные подходы, а также изучать новые решения, переводящие попутный газ из категории «отходов» в полезный продукт. Кроме того, следует также адаптировать такие подходы к специфике и контексту конкретной страны или даже отдельно взятого нефтяного промысла. Нам необходимо работать вместе с правительствами и нефтяными компаниями над выработкой комплексной политики, изучая самые разные варианты стимулов и наказаний, чтобы наконец прекратить практику рутинного факельного сжигания.

Приложение А. Методология

Отчет об отслеживании мирового объема факельного сжигания попутного газа публикуется каждый год партнерством GFMR Всемирного банка, среди участников которого — правительства стран, нефтедобывающие компании и международные организации, целью которых является прекращение практики рутинного факельного сжигания на нефтепромыслах по всему миру. В сотрудничестве с Национальным управлением океанических и атмосферных исследований США (NOAA) и Институтом Пейна по государственной политике при Колорадской горной школе партнерство GFMR разработало механизм оценки мирового объема факельного сжигания ПНГ на основе данных наблюдений со спутника, запущенного в конце 2011 г. Установленные на этом спутнике современные датчики регистрируют тепло, выделяемое газовыми факелами, в виде инфракрасного излучения на объектах добычи нефти и газа во всем мире.

Колорадская горная школа и партнерство GFMR проводят количественную оценку показателей этого инфракрасного излучения и калибруют результаты на основе данных по странам, собранных сторонним поставщиком данных, газовой ассоциацией Cedigaz, для получения надежных оценок мировых объемов факельного сжигания. Спутниковые данные для оценки объемов факельного сжигания собираются с помощью установленного на спутнике мультиспектрального радиометра, используемого NOAA и работающего в инфракрасном и видимом диапазонах (VIIRS).

VIIRS включает в себя мультиспектральный комплекс инфракрасных детекторов, которые:

- в ночное время реагируют только на тепловые излучения и следовательно не подвержены влиянию света Луны или иных источников света;
- реагируют на длины волн, соответствующие максимальных выбросам от факелов;
- отличаются превосходным пространственным разрешением.

Способность системы VIIRS обнаруживать и различать источники тепла, такие как газовые факелы, позволяет обнаруживать факелы автоматически с минимальным вмешательством человека. Выбросы от источников тепла, отличных от факелов (например, места сжигания биомассы), можно исключить из набора данных, выбрав только выбросы с температурой выше 1100 °C; для других источников тепла характерны более низкие температуры. Действительно, факелы горят жарче, чем любые другие наземные источники тепла, включая вулканы. С начала своей работы в 2012 году система VIIRS автоматически обнаруживает около 10 000 факелов в год по всему миру.

Ссылки:

Elvidge, C.D.; Zhighin, M.; Hsu, F.-C.; Baugh, K.E. VIIRS Nightfire: Satellite Pyrometry at Night. *Remote Sens.* 2013, 5, 4423-4449. <https://doi.org/10.3390/rs5094423>

Elvidge, C.D.; Zhighin, M.; Baugh, K.; Hsu, F.-C.; Ghosh, T. Methods for Global Survey of Natural Gas Flaring from Visible Infrared Imaging Radiometer Suite Data. *Energies*

2016, 9, 14. <https://doi.org/10.3390/en9010014>



Многосторонний донорский целевой фонд партнерства GFMR
1850 I Street NW, Washington, DC 20006, United States of America (США)